

Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL  
Accademia Croata di Scienze ed Arti  
INAF – Osservatorio Astronomico di Brera  
Pontificia Università Gregoriana

EDIZIONE NAZIONALE  
DELLE OPERE E DELLA CORRISPONDENZA  
**DI RUGGIERO GIUSEPPE BOSCOVICH**

**Volume IX/II**  
Opere scientifiche  
Meccanica (Statica e Dinamica)

**Perizie di statica**

**A cura di Danilo Capecchi**



EDIZIONE NAZIONALE DELLE OPERE  
E DELLA CORRISPONDENZA DI  
RUGGIERO GIUSEPPE BOSCOVICH



### **Commissione scientifica**

**Presidente:** GIAN TOMMASO SCARASCIA MUGNOZZA (Presidente della Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL)

**Vicepresidente:** GIANFRANCO GHIRLANDA SJ (Magnifico Rettore della Pontificia Università Gregoriana)

**Vicepresidente:** TOMMASO MACCACARO (Presidente dell'Istituto Nazionale di Astrofisica; già direttore di INAF – Osservatorio Astronomico di Brera)

**Segretario:** EDOARDO PROVERBIO (Università di Cagliari)

ELIO ANTONELLO (INAF - Osservatorio Astronomico di Brera)

UGO BALDINI (Università degli Studi di Padova)

FABIO BEVILACQUA (Università degli Studi di Pavia)

VINCENZO CAPPELLETTI (Istituto di Studi Germanici)

PAOLO CASINI (Università degli Studi di Roma «La Sapienza»)

GUIDO CIMINO (Università degli Studi di Roma «La Sapienza»)

ŽARKO DADIĆ (Institute for the History and Philosophy of Science, Zagabria)

ALESSANDRA FIOCCA (Università degli Studi di Ferrara)

PAOLO FREGUGLIA (Università degli Studi dell'Aquila)

PAOLO GALLUZZI (Università degli Studi di Firenze)

LIVIA GIACARDI (Università degli Studi di Torino)

ROGER HAHN (University of California, Berkeley)

GIOVANNI MICHELI (Università degli Studi di Milano)

GIOVANNI PAOLONI (Università degli Studi della Tuscia, Viterbo)

LUIGI PEPE (Università degli Studi di Ferrara)

CLARA SILVIA ROERO (Università degli Studi di Torino)

GIANCARLO SETTI (Università di Bologna)

RITA TOLOMEO (Università degli Studi di Roma «La Sapienza»)

MAURIZIO TORRINI (Università degli Studi di Napoli «Federico II»)

PASQUALE TUCCI (Università degli Studi di Milano)



EDIZIONE NAZIONALE  
DELLE OPERE E DELLA CORRISPONDENZA  
DI RUGGIERO GIUSEPPE BOSCOVICH

VOLUME IX/II  
Opere Scientifiche

**Perizie di statica**

A cura di Danilo Capecchi

Enti patrocinatori della Edizione Nazionale delle Opere e della Corrispondenza di Ruggiero Giuseppe Boscovich:

- Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL
- Accademia Croata di Scienze e Arti
- INAF – Osservatorio Astronomico di Brera
- Pontificia Università Gregoriana
- S.I.A. – Società Italiana di Archeoastronomia

**Copyright © 2010 Edizione Nazionale delle Opere e della Corrispondenza di Ruggiero Giuseppe Boscovich**

**Pubblicato nel novembre 2010**

**Realizzazione: Edit 4 - via Brodolini 24 - 20054 Nova Milanese (MI)**

**per conto della Commissione Scientifica per l'Edizione Nazionale delle Opere e della Corrispondenza di Ruggiero Giuseppe Boscovich**

*Sede Legale:* via L. Spallanzani 5a-7, 00161 Roma

*Sede Operativa:* via Brera 28, 20121 Milano

**ISBN 978-88-96700-06-8**

Tutti i diritti sono riservati a norma di legge  
e a norma delle convenzioni internazionali



## Indice

<i>Introduzione generale. I lavori di architettura di Ruggiero Giuseppe Boscovich (Danilo Capecchi)</i>	p. 7
<i>La perizia sulla Cupola Vaticana (Danilo Capecchi)</i>	p. 11
Parere di tre matematici sopra i danni che si sono trovati nella Cupola di San Pietro (T. Le Seur, F. Jacquier, R.G. Boscovich)	p. 87
Riflessioni sopra alcune difficoltà nella cupola di San Pietro (T. Le Seur, F. Jacquier, R.G. Boscovich)	p. 121
<i>La perizia sulla Biblioteca Cesarea (Danilo Capecchi)</i>	p. 169
Scrittura sugli danni osservati nell'edificio della Biblioteca Cesarea (Ruggiero G. Boscovich)	p. 183
<i>La perizia sul Duomo di Milano (Danilo Capecchi)</i>	p. 209
Sentimento sulla solidità della nuova guglia per il Duomo di Milano (Ruggiero G. Boscovich)	p. 247
Indice dei nomi	p. 265
Indice delle opere citate	p. 267



## INTRODUZIONE GENERALE I LAVORI DI ARCHITETTURA DI RUGGIERO GIUSEPPE BOSCOVICH

Nei suoi scritti Boscovich rivendica con forza la necessità di una competenza scientifica per esercitare il mestiere dell'architetto e si sente architetto lui stesso:

[...] si rifletta, in tutti i Corsi compiti di Matematica esservi pure anche il trattato di Architettura, da cui, era cosa naturale il credere, che ne avessimo appresa almeno qualche superficiale tintura, giacche in ordine al fatto non stimiamo alcuno sì pienamente consapevole de' nostri privati studj, onde possa con fondamento affermare esserne stati sempre alienissimi; e che la sodezza principalmente de' grandi Edificj, della quale qui si trattava, dipende tutta da una parte di Meccanica come è la Statica, scienza sì coltivata da' Matematici [il corsivo e la sottolineatura sono miei]<sup>1</sup>.

In effetti, Boscovich si è cimentato in più occasioni in opere di ingegneria e architettura seguendo in ciò la tradizione dei gesuiti, comune del resto anche a altri ordini religiosi, di utilizzare i propri membri per lavori vari<sup>2</sup>. In particolare ha sviluppato

---

<sup>1</sup> F. Jacquier, T. Le Seur, R.G. Boscovich, *Riflessioni de padri Tommaso Le Seur, Francesco Jacquier dell'Ordine de' Minimi, e Ruggiero Giuseppe Boscovich della Compagnia di Gesù, sopra alcune difficoltà spettanti i danni, e risarcimenti della Cupola di S. Pietro*, Roma 1743, pp. XXXV-XXXVI. (In seguito indicato semplicemente come *Riflessioni*, seguito dal numero di pagine in romano).

<sup>2</sup> È ancora oggetto di discussione se esista una architettura gesuitica (vedi per esempio *Architettura e arte dei gesuiti*, a cura di R. Wittkower e I.B. Jaffe, Electa, Milano 1972);

un progetto per l'osservatorio del Collegio Romano e ha progettato e seguito la realizzazione della specola di Brera. Si è occupato di numerosi lavori di idraulica e sistemazione portuale in cui alla preparazione di architetto si unisce anche quella di ingegnere, e bisogna dire che se l'è sempre cavata egregiamente.

Nel presente volume sono raccolte le opere a stampa che riguardano le competenze architettoniche, o forse meglio con un linguaggio moderno, di meccanica delle strutture. Si tratta di quattro relazioni di lunghezza e importanza varia che fanno riferimento nell'ordine alla cupola di San Pietro, alla Biblioteca Cesarea e al tiburio del Duomo di Milano:

Thomas Le Seur, François Jacquier, Giuseppe Ruggiero Boscovich, *Parere di tre matematici sopra i danni, che si trovano nella cupola di S. Pietro sul finire dell'anno MDCCLII, dato per ordine di Nostro Signore Papa Benedetto XIV*, F.lli Palearini, Roma, 1742, pp. 36, figg. 4, in 4°.

Thomas Le Seur, François Jacquier, Giuseppe Ruggiero Boscovich, *Riflessioni de padri Tommaso Le Seur, Francesco Jacquier dell'Ordine de' Minimi, e Ruggiero Giuseppe Boscovich della Compagnia di Gesù, sopra alcune difficoltà spettanti i danni, e risarcimenti della Cupola di S. Pietro proposte nella Congregazione tenutasi nel Quirinale a' 20 Gennaro MDCCLXIII e sopra alcune nuove ispezioni fatte dopo la medesima congregazione*, F.lli Palearini, Roma, 1743, pp. 64, figg. 2, in 4°.

Giuseppe Ruggiero Boscovich, *Scrittura sulli danni osservati nell'edificio della Biblioteca Cesarea e loro riparazione, composta in esecuzione de' sovrani comandi di Sua Maestà l'Imperatrice Regina MARIA TERESA e umiliata a' suoi piedi pel felicissimo giorno anniversario (13. Mar 1763) della sua nascita, da Ruggiero Giuseppe Boscovich della Compagnia di Gesù l'anno 1763*. Testo manoscritto, 1763. (18 fogli, 24,3 × 18,1 cm).

Giuseppe Ruggiero Boscovich, *Sentimento sulla solidità della nuova Guglia proposta per la cima della cupola del Duomo di Milano, o si consideri in sè stessa o rispetto al rimanente del vasto tempio esposto a richiesta del Nobilissimo e Vigilantissimo Capitolo, che sopra intende alla sua gran fabbrica, del padre Ruggiero Giuseppe Boscowich della Compagnia di*

è comunque accertato che vi furono numerosi architetti più o meno brillanti, specie nel Cinquecento e nel Seicento. Tra di essi va citato Giovanni Tristano da Ferrara (1515-1575), delegato dal generale gesuita dell'epoca a occuparsi dell'esame dei progetti, controllo esecuzione e, naturalmente, progettazione delle chiese dell'ordine. Altri architetti importanti furono Giseppe Valeriani (o Valeriano, 1542-1596) e Orazio Grassi (1583-1564), più noto per le polemiche di Galilei sul *Saggiatore*, progettista della chiesa di S. Ignazio in Roma. Da segnalare anche Antonio Faletti da Barolo (1671-1760).

*Gesù lettore di matematica nell'università di Pavia* (1765). In Nava Ambrogio, *Relazione dei restauri intrapresi alla gran guglia del duomo di Milano nell'anno 1844 ed ultimati nella primavera del corrente 1845*, Tipografia Valentini, Milano, 1845, pp. 53-64; ... e *il Duomo toccò il cielo*, a cura di E. Brivio, F. Repishti, Editore Skira, Milano, 2003, pp.190-200.

Oltre a queste pubblicazioni, in alcuni cataloghi si trova il titolo, attribuito a Ruggiero Boscovich, *De Vaticanis Templi apside restauranda et munienda* (Roma 1743?), il cui testo corrispondente, però, non è stato trovato. Tuttavia, si può avanzare l'ipotesi – benché in via del tutto preliminare – che si tratti di una versione latina del solo titolo del *Parere [...] sopra i danni, che si trovano nella cupola di S. Pietro* o delle *Riflessioni [...] sopra alcune difficoltà spettanti i danni, e risarcimenti della Cupola di S. Pietro*. Entrambe queste opere, per altro, non destano grossi problemi di attribuzione: non vi sono dubbi che siano pubblicazioni riviste da Boscovich e colleghi prima e durante la stampa; nella seconda vi è un *errata corrige*, che riguarda anche la data della “congregazione” tenuta al Quirinale (il giorno in cui essa ha avuto effettivamente luogo è il 22 gennaio, mentre nella versione estesa del titolo è riportato «20 Gennaio»).

Qualche problema emerge, invece, con la terza opera, catalogata come opera a stampa in pressoché tutti i cataloghi o repertori delle opere boscovichiane. In realtà si tratta di un testo manoscritto, sicuramente autografo di Boscovich, e quindi in copia unica, depositato presso la Biblioteca Nazionale di Vienna e conservato in una miscellanea (il manoscritto, privo di figure, è catalogato con il codice 13.989, misura 24,3 × 18,1 centimetri e conta 18 fogli). La riproduzione in questo volume dell'Edizione Nazionale delle opere di Boscovich è quindi la prima vera edizione a stampa.

Anche la quarta opera non è scevra da problemi. Essa è stata riprodotta a stampa, per la prima volta, sembra, da Ambrogio Nava nel 1845<sup>3</sup>. Nava non fornisce nessuna indicazione sul manoscritto di riferimento. Osservando il titolo in cui il nome di Boscovich è alterato in “Boscowich” può venire il dubbio che il manoscritto su cui ha lavorato Nava non sia autografo di Boscovich, in quanto questi mai avrebbe scritto il suo nome in quel modo. Il *Sentimento sulla nuova Guglia* è stato ripubblicato in tempi recenti<sup>4</sup>. Questa volta il curatore, Francesco Repishti, è stato più preciso e ha

---

<sup>3</sup> Ambrogio Nava, *Relazione dei restauri intrapresi alla gran guglia del duomo di Milano nell'anno 1844 ed ultimati nella primavera del corrente 1845*, Tipografia Valentini, Milano 1845, pp. 53-64.

<sup>4</sup> ... e *il Duomo toccò il cielo. I disegni per il completamento della facciata e l'invenzione della guglia maggiore tra conformità gotica e razionalismo matematico, 1733-1815*, a cura di E. Brivio e F. Repishti, Skira, Milano 2003, pp.190-200

citato il manoscritto di riferimento<sup>5</sup>. Il confronto tra il testo pubblicato da Nava con quello pubblicato da Repishti è confortante, nel senso che tra i due testi non emergono differenze di rilievo. Le varianti del testo di Repishti sembrano leggermente migliorative, ma ciò non depone a favore di una maggiore aderenza all'originale, o comunque alla volontà di Boscovich.

#### *Note editoriali*

I testi sono stati trascritti senza varianti né di punteggiatura né di scrittura, come per esempio gli accenti. Nei primi due testi si è comunque sostituita la “s” con un carattere moderno. Tra parentesi quadre è indicata la numerazione del testo stampato originale; nel secondo volume sono state fatte le correzioni dell'errata corrige che di conseguenza non è stato riprodotto.

Per il terzo testo si è adottata l'edizione di Nava, sottolineando nel corpo e riportando in nota le differenze principali rispetto all'edizione di Repishti. Anche qui tra parentesi quadre è riportata la numerazione originale delle pagine.

---

<sup>5</sup> Si tratta di un manoscritto dell'archivio della Fabbrica del Duomo di Milano, in Archivio Storico 136, fasc. 56. Repishti dichiara l'esistenza di altri manoscritti presso l'archivio del Capitolo Maggiore e presso la Biblioteca Ambrosiana, nel codice S 124 sup., alla carta CCLIX. ...e il Duomo toccò il cielo, cit., p. 190.

# **LA PERIZIA SULLA CUPOLA VATICANA**





## 1. I precedenti storici

Tra la fine del 1742 e gli inizi del 1743 Thomas Le Seur, François Jacquier e Ruggiero Giuseppe Boscovich diedero alla stampa due relazioni che riportavano il loro parere sulle condizioni statiche della cupola di San Pietro. Si tratta di *Parere di tre matematici sopra i danni, che si trovano nella cupola di S. Pietro*<sup>1</sup>, riferito in seguito come *Parere*, e *Riflessioni sopra alcune difficoltà spettanti i danni, e risarcimenti della Cupola di S. Pietro*<sup>2</sup>, riferito in seguito come *Riflessioni*.

I tre matematici avevano ricevuto l'incarico da Benedetto XIV, papa colto e simpatizzante per la nuova scienza, il quale voleva far luce sullo stato di salute della sua "residenza", preoccupato da voci allarmanti sul propagarsi di fessure.

Il parere dei tre matematici, anche per la drammaticità delle conclusioni che riferivano di un possibile crollo, invece di porre fine alle voci provocò una vivace discussione tra architetti, matematici e "gentiluomini", che si concluse con l'incarico da parte di Benedetto XIV a Giovanni Poleni di stendere una relazione sul *Parere* e poi anche di altri "pareri" e un giudizio sulla resistenza della cupola. Poleni aveva credenziali scientifiche equivalenti a quelle dei tre matematici ma un maggiore prestigio sociale; oltre a essere un professore della prestigiosa università di Padova era anche e specialmente marchese. Il responso di Poleni fu molto meno pessimista di quello dei tre matematici anche se il principale rimedio proposto fu sostanzialmente lo stesso: la messa in opera di nuove catene. I tre matematici le consideravano necessarie, Poleni le considerava non necessarie per l'immediato ma comunque utili per il futuro. Le indicazioni di Poleni furono accettate da Benedetto XIV che incaricò l'architetto della fabbrica di San Pietro Luigi Vanvitelli<sup>3</sup> di metterle in pratica, cosa che avvenne nel 1748.

---

<sup>1</sup> François Jacquier, Thomas Le Seur, Ruggiero Giuseppe Boscovich, *Parere di tre matematici sopra i danni, che si trovano nella cupola di S. Pietro*, Palliarini, Roma 1742.

<sup>2</sup> François Jacquier, Thomas Le Seur, Ruggiero Giuseppe Boscovich, *Riflessioni de padri Tommaso Le Seur, Francesco Jacquier dell'Ordine de' Minimi, e Ruggiero Giuseppe Boscovich della Compagnia di Gesù, sopra alcune difficoltà spettanti i danni, e risarcimenti della Cupola di S. Pietro*, Palliarini, Roma 1743.

<sup>3</sup> Luigi Vanvitelli (1700-1773). Pittore, ingegnere e architetto italiano. Precursore del neoclassicismo, fu uno dei protagonisti dell'architettura del Settecento. Figlio del pittore olandese Gaspard van Wittel, nel 1701 venne portato dalla famiglia a Roma, dove ricevette un'educazione eclettica, che spaziava dal campo artistico e letterario a quello scientifico e umanistico. Esordì come pittore con la Pala dei santi Cecilia e Valeriano (1725 ca., Santa Cecilia in Trastevere, Roma). L'influenza di Filippo Juvara e l'interesse per l'arte del Rinascimento nutirono e guidarono la sua successiva attività da architetto. Impegnato nella fabbrica di San Pietro in Vaticano dal 1726, fu quindi chiamato nelle Mar-

Nel seguito, prima delle due opere originali di Le Seur, Jacquier e Boscovich, presento una breve storia dei motivi che portarono il papa a chiedere il parere dei tre matematici, poi una breve descrizione della geometria della cupola di San Pietro, in modo da consentire una più agevole lettura delle due opere. Segue una loro breve sintesi e un commento.

## 2. *Le motivazioni delle relazioni dei tre matematici*

[...] ma il cielo [...] fece che nuovo nembo di tempeste si novelle si movesse in Roma contro di lui [il Bernini] [...]. Occorse, che da lingua invidiosa, o forse anco da qualche fievole cicaleggio di minuta gente, fosse mosso per Roma un certo bisbiglio intorno ad alcune immaginarie nuove crepature della cupola di S. Pietro<sup>4</sup>.

Con queste parole di Filippo Baldinucci<sup>5</sup> del 1682 si può far iniziare la lunga storia dei rumori, timori e studi sulla stabilità della cupola di San Pietro. È una storia complessa che è ricostruita in modo dettagliato nelle *Memorie storiche della gran cupola del Vaticano* da Giovanni Poleni<sup>6</sup>. Il *Parere* e le *Riflessioni*, sono parte importante di questa storia che riassumo brevemente nel seguito, rimandando alle sopracitate *Memorie storiche* di Poleni e ai testi di Di Stefano<sup>7</sup> per un resoconto dettagliato.

Qualche segno di cedimento strutturale della grande cupola era già comparso sino dalla fine della sua costruzione, nel 1590. Ma è a partire dal 1631, almeno secondo Baldinucci, che furono riscontrati ufficialmente dei segni di cedimento, e nel 1680, sempre secondo Baldinucci, fu notata una lesione importante all'intradosso della cupola. Causata secondo malelingue da Bernini, ma secondo Baldinucci presente ancora prima che questi cominciasse i suoi lavori di restauro della cupola sotto Urbano VIII. Le preoccupazioni divennero veramente serie solo agli inizi del 1740, quando furono segnalate ancora più numerose lesioni. A partire da questa data cominciò una

---

che da Clemente XII per partecipare alla costruzione delle fabbriche pontificie, e a Napoli da Carlo III Borbone per edificare la reggia di Caserta.

<sup>4</sup> F. Baldinucci, *Vita del Cavalier Gio. Lorenzo Bernino, scultore, architetto e pittore scritta da Filippo Baldinucci fiorentino alla sacra e reale maestra Cristina regina di Svezia*, Stamperia Vincenzo Vangelisti, Firenze 1682. La citazione è a p. 119.

<sup>5</sup> Filippo Baldinucci (1624-1697). Storico dell'arte, politico e pittore italiano.

<sup>6</sup> G. Poleni, *Memorie storiche della gran cupola del Tempio Vaticano e de' danni di essa, e de' ristoramenti loro, divise in libri cinque*, Stamperia del Seminario, Padova 1748.

<sup>7</sup> R. Di Stefano, *La cupola di S. Pietro. Storia della costruzione e dei restauri*, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli 1963; seconda edizione 1980.

serie frenetica di sopralluoghi e di relazioni volute dal papa Benedetto XIV fino a arrivare al parere dei tre matematici del 1743.

Con un breve papale del 17 dicembre 1740 fu istituita una commissione formata dai cardinali Giacomo Amadori e Carlo Rezzonico, con Mons. Innico Caraccioli in qualità di segretario, per effettuare un sopralluogo della cupola di San Pietro. Cosa che avvenne nel gennaio 1741. Il parere della commissione fu che non vi fossero danni tali da temere per l'integrità dell'edificio<sup>8</sup>. Il 22 dicembre 1742 Mons. Olivieri, economo della Fabbrica di San Pietro, fece un nuovo sopralluogo con esperti vari. Di questa visita e di un'altra del 3 ottobre, con Luigi Vanvitelli al tempo architetto della fabbrica di San Pietro, fu stesa una relazione da parte dell'abate Saverio Brunetti<sup>9</sup>. In tale relazione veniva evidenziato uno spostamento del tamburo che aveva portato con sé contrafforti e colonne e il cedimento di uno dei grandi piloni che sorreggono il tamburo, i quali comunque non si erano fessurati in modo sensibile. Secondo la relazione i danni riscontrati non sembravano importanti e erano attribuiti al ritiro del "cemento".

Le voci sulla precarietà della cupola si fecero comunque sempre più pressanti; non è chiaro se per un effettivo aggravamento del quadro fessurativo, per una inquietudine diffusa o per beghe interne tra architetti. Benedetto XIV, forse anche per la simpatia verso la nuova fisica, decise allora di chiedere il parere di alcuni dei maggiori "geometri" dell'epoca. Dette quindi incarico a Olivieri di contattare Boscovich, Le Seur e Jacquier, matematici e fisici famosi e membri della chiesa cattolica; dell'ordine dei minimi Le Seur e Jacquier, gesuita Boscovich. Ecco come i tre matematici descrivono il loro mandato:

ricercare il sentimento de' matematici, e nominatamente di noi trè sottoscritti sopra i danni presenti che si osservano nella cupola della detta basilica, e molto più per la sua ristaurazione, acciò possano gli architetti metter in pratica i rimedj che verranno giudicati più necessarj per la stabile conservazione della gran mole<sup>10</sup>.

La relazione dei tre matematici, il *Parere*, fu presentata al papa l'8 gennaio 1743, con la conclusione che i danni rilevati non erano affatto trascurabili. Tale relazione

---

<sup>8</sup> G. Poleni, *Memorie istoriche*, cit., p. 121.

<sup>9</sup> Brunetti stese una relazione manoscritta intitolata *Discorso di Saverio Brunetti intorno ai pericoli che minaccia la cupola di San Pietro*. G. Poleni, *Memorie istoriche*, cit., § 208, 253.

<sup>10</sup> François Jacquier, Thomas Le Seur, Ruggiero Giuseppe Boscovich, matematici, *Parere di tre matematici sopra i danni, che si trovano nella cupola di S. Pietro sul fine dell'anno MDCCXLII...*, cit. La citazione è a p. III.

sia per la forma, sia per la conclusione era quanto meno innovativa. Si trattava di un resoconto in cui per la prima volta si applicavano le regole della statica per la verifica di resistenza di una struttura già costruita e se ne traevano “coraggiosamente” le conseguenze. In essa i matematici sulla base dei danni osservati ricostruivano quello che secondo loro era il meccanismo di rottura. Applicando le leggi della meccanica mostravano che le spinte dovute al cupolino e alla cupola erano molto maggiori delle resistenze dovute alle catene e al tamburo. Proponevano quindi rimedi immediati, principalmente la messa in opera di nuove catene, pena l'imminente rovina della “grande fabbrica”<sup>11</sup>.

Naturalmente la relazione, per la sua novità e per la drammaticità delle conclusioni, provocò molte reazioni, alcune seriamente motivate ma altre dettate solo da una difesa corporativa degli architetti che vedevano in qualche modo minacciata la loro competenza. Al proposito è significativo lo scritto a stampa di Lelio Cosatti<sup>12</sup>, *Riflessioni di Lelio Cosatti patrizio senense sopra il sistema dei tre R.R. P.P. Matematici*<sup>13</sup> che contestava la validità delle tesi dei tre matematici e sosteneva che i danni della cupola fossero lievi e dovuti a fulmini, terremoti, difetti dei lavori e a una generale pesantezza delle opere murarie.

Ai matematici che prospettavano la necessità di usare le leggi della meccanica:

si tratta qui di una Mole, a cui non vi essendo altra pari nel Mondo, ed avendone in piccol numero altre minori della sua specie, non è possibile che per quanto lunga, ed esercitata ella ha la speranza, abbia suggerito tal numero di casi poco dissomiglianti, da formarne que' particolari principj, su cui sogliono da' puri Pratici appoggiarsi le lor teorie; onde si possa con sicurezza procedere, senza consultare i principj più generali, che la Meccanica si coltivata da' Mattematici al giorno d'oggi mette in opera, per dedurre gli effetti i più composti dalle più semplici universali cagioni<sup>14</sup>.

molti architetti replicavano sostenendo la necessità di riferirsi alla sola esperienza.

---

<sup>11</sup> Va ricordato che poco prima della pubblicazione del *Parere*, era uscita una *Lettera in risposta a Domirio intorno alla novità della cupola vaticana*, firmata Diofanco, pastore arcade, in cui si metteva in evidenza l'eccessiva spinta della cupola (G. Poleni, *Memorie istoriche*, cit., § XXXIX).

<sup>12</sup> Lelio Cosatti (1677-1748). Matematico e architetto di Siena.

<sup>13</sup> Lelio Cosatti, *Riflessioni di Lelio Cosatti patrizio senense sopra il sistema dei tre R.R. P:P. Matematici, e suo parere circa il patimento e rifacimento della gran Cupola di S. Pietro*, Bernabò e Lazzarini, Roma 1743.

<sup>14</sup> Ivi, p. IV.

A seguito delle discussioni aperte e forse non convinto del *Parere* papa Benedetto XIV decise di approfondire l'argomento. Con una lettera del 12 gennaio 1743 chiese a Giovanni Poleni<sup>15</sup> e a altri esperti il parere su quella relazione dei tre matematici. Indisse inoltre una riunione (una "Congregazione") di esperti presso il Quirinale in Roma per il 22 gennaio 1743, per discutere sul *Parere*. La riunione fu presieduta da Mons. Girolamo Colonna e da Francesco Abati Oliveiri, segretario della fabbrica di San Pietro. Parteciparono due dei tre matematici (uno era malato)<sup>16</sup>, Mons. Giovanni Bottari<sup>17</sup>, Diego De Revillas<sup>18</sup>, Domenico Sante Santini<sup>19</sup>, Filippo Barigioni<sup>20</sup> e Luigi Vanvitelli, entrambi architetti della fabbrica di San Pietro. La riunione si protrasse a lungo e fu interrotta dopo avere raggiunto un accordo quasi unanime solo su alcuni punti con l'intesa che sugli altri si sarebbe dato un parere scritto.

Sù questi punti si disse tanto, e rispose, e replicò, per l'una parte, e per l'altra, che avanzatasi troppo l'ora; e non vedendosi apparenza di grande unione di Voti, massimamente sul punto de' Contraforti e del riempimento de' vani, e riuscendo lo stesso numero di qualche confusione,

---

<sup>15</sup> Giovanni Poleni (1683 -1761). Destinato dal padre alla carriera giuridica, si rivolse invece allo studio della matematica e della fisica. Nel 1710 ottenne la cattedra di *Astronomia e meteore* presso l'Università di Padova. Nello stesso anno venne eletto membro della Royal Society. In seguito ebbe l'insegnamento di fisica (1715), matematica (1719), filosofia (fisica) sperimentale (1739), scienze nautiche e costruzioni navali (1755). Nel 1740 fondò il primo laboratorio di fisica in una università italiana. Nel 1715 Leibniz lo fece nominare membro anche dell'Accademia Reale di Berlino. Uomo di cultura a tutto campo, oltre l'idraulica e l'architettura, studiò a fondo l'opera di Vitruvio. Appassionato di musica, fu protettore del violinista e compositore Giuseppe Tartini.

<sup>16</sup> Da notare la reticenza da parte dei tre matematici a precisare chi fosse la persona indisposta. Ciò è da mettere in relazione con le insinuazioni che i tre matematici fossero in disaccordo tra loro. Ecco quanto scrivono per esempio: «Gioverà quella, avvertenza, per dar ragione, e del molto, che disse un di noi, e del poco o nulla, che aggiunsero gli altri; d'onde alcuni pigliarono motivo di credere, e divulgare che i sentimenti, e pensieri espressi nella nostra Scrittura, non erano veramente comuni a tutti tre, avendovi due di noi forse a titolo di pura amicizia messo sotto il loro nome» (*Riflessioni*, cit., p. III).

<sup>17</sup> Giovanni Gaetano Bottari (1689-1775). Fiorentino, ecclesiastico tra i maggiori eruditi europei. Custode della Biblioteca Apostolica Vaticana, cappellano segreto di due papi, Clemente XII e Benedetto XIV.

<sup>18</sup> Diego De Revillas, abate gerolamino, architetto milanese, lettore di matematica alla Sapienza di Roma.

<sup>19</sup> Domenico Sante Santini (1703-1780). Architetto, chierico regolare dei Ministri degli Infermi, consulente idrostatico della regina di Ungheria.

<sup>20</sup> Filippo Barigioni (1672-1753). Celebre architetto romano, allievo di Carlo Fontana.

si giudicò di sciogliere la Congregazione coll'ordine di portare in iscritto i pareri sulle cose indecise a Monsignor Segretario ed Economo. Ma prima di scioglierla, essendovi su vari punti veduta grande uniformità di sentimenti, si distesero i seguenti sei articoli, dimandandosi sempre come fu accennato di sopra, se alcuno voleva porvi limitazione<sup>21</sup>.

A seguito di questa riunione uscì un certo numero di opere a stampa o manoscritte riportanti il parere dei partecipanti. Tra di esse mi limito a segnalare quella di Sante Santini: *Risoluzione del dubbio proposto dal P. Abate Raviglia*<sup>22</sup>, perché sarà commentato largamente dai tre matematici nelle *Riflessioni*. Il dubbio sollevato da Revillas nella riunione riguardava le fessure negli arconi che secondo Revillas potevano anche essere dovute a cedimenti dei piloni. Nella sua risoluzione Santini non condivide il parere dei tre matematici e attribuisce i danni al cedimento degli arconi, senza cedimento però dei piloni. Ritene anche che i cerchioni non abbiano subito un grosso sforzo<sup>23</sup>.

Come risposta alle obiezioni sollevate dal *Parere* nella riunione del 22 gennaio e dallo scritto di Santini, i tre matematici pubblicarono, verosimilmente alla fine di febbraio del 1743, le *Riflessioni*. In questo scritto, abbastanza lungo (oltre sessanta pagine contro le venticinque del *Parere*) venivano sostanzialmente solo confermate le conclusioni del *Parere* con qualche ulteriore precisazione.

Poco dopo, il 21 marzo 1743, Poleni fece pervenire in Vaticano la sua relazione manoscritta, *Riflessioni di Giovanni Poleni sopra i danni, e sopra la ristaurazione della cupola del tempio di S. Pietro in Roma*<sup>24</sup>. Poleni, come si vede già dal titolo, non voleva limitarsi a esprimere il parere sullo scritto dei matematici, ma presentare anche una sua teoria e una sua proposta di restauro. La relazione, scritta con linguaggio molto diplomatico e colto, fu ben accolta da Papa Benedetto XIV, che invitò Poleni a approfondire gli studi sulla cupola e a proporre delle opere di restauro. Poleni curò così una relazione sullo stato fessurativo della grande cupola, *Stato de' di-*

---

<sup>21</sup> *Riflessioni*, p. XIV.

<sup>22</sup> Domenico Sante Santini, *Risoluzione del dubbio proposto dal P. Abate Raviglia, e parere intorno alli contrafforti ed altri danni della cupola vaticana del P. Domenico Sante Santini*, Stamperia Pietro Rosati, Roma 1743.

<sup>23</sup> Santini per dare una spiegazione semplice dell'accaduto suggerisce l'immagine di un tino sostenuto da quattro pilastri e caricato sopra, che vuole modellare il tamburo con i piloni (G. Poleni, *Memorie storiche*, cit., pp. 252-254).

<sup>24</sup> Giovanni Poleni, *Riflessioni sopra i danni e la ristaurazione della cupola del tempio di San Pietro in Roma*, Roma 1743, Idem, *Aggiunte alle riflessioni sopra i danni e sopra la ristaurazione del tempio di San Pietro in Roma*, 1743; manoscritti.

fetti da considerarsi nelle cupola di S. Pietro in Vaticano<sup>25</sup>, con rilievi effettuati in larga parte da Luigi Vanvitelli. Ricevette poi da papa Benedetto XIV l'approvazione dei rimedi suggeriti e l'incarico di scrivere una relazione su tutte le discussioni originate dai danni della grande cupola. Così nascono le *Memorie storiche della gran cupola del Vaticano* che saranno stampate nel 1748. I lavori di restauro della cupola, seguiti da Luigi Vanvitelli sulla base delle indicazioni di Poleni, cominciarono nel 1747 per concludersi alla fine del 1748 con la posa in opera dell'ultimo cerchione, il sesto, e la riparazione di uno dei vecchi cerchioni messi ai tempi di Sisto V.

Nella seguente lista sono riportate le relazioni sui danni della cupola di San Pietro nel periodo 1680-1767, specificando anno, luogo e professione dell'autore<sup>26</sup>.

1. 1680, Roma, Giuseppe Paglia, architetto, manoscritto senza titolo; Archivio della Reverenda Fabbrica di San Pietro (1° P., Arm. III, n. 3, fasc. 6).
2. 1694, Roma, Carlo Fontana, architetto della Reverenda Fabbrica di San Pietro, stampa: *Templum Vaticanum et ipsius orig: cum aedificiis maxime conspicuis & recens ibidem constitutis*, Roma.
3. 1695, Firenze, Paolo Falconieri, matematico e architetto, manoscritto: *Discorso sopra la cupola di S. Pietro, fatto a requisizione dell' illustrissimo signor Paolo Falconieri in agosto 1695*. Biblioteca Nazionale Centrale di Roma (Ms. 787).
4. 1742, Roma, François Jacquier, Thomas Le Seur, Ruggiero Giuseppe Bosovich, matematici, stampa: *Parere di tre matematici sopra i danni, che si trovano nella cupola di S. Pietro*, Roma.
5. 1742, Roma, Luigi Vanvitelli, manoscritto: *Breve parere di N.N. per la riparazione de' presenti danni nella cupola di S. Pietro, e per impedire l'ulteriore progresso*.
6. 1742, Roma, firmata Fiofario, pastore arcade, manoscritto: *Lettera in risposta a Domirio P.A. Intorno alla novità della cupola vaticana*, Roma.
7. 1742, Roma, Domenico Sante Santini, dilettante in matematica alla Maddalena, stampa: *Lettera sopra i danni della Cupola di S. Pietro, scritta dal P. Domenico sante Santini sotto nome di Diofanio P. A. a Domirio P. A. suo amico, sul fine dell'anno 1742*, Roma.
8. 1743, Roma, Anonimo, forse il gesuita Favré, filosofo, stampa: *Sentimenti di un filosofo Sopra le Cause, e Rimedi de' Danni della Cupola di San Pietro E sopra il Pare-re dato su tale Argomento da tre Matematici alfine del 1742*, Roma.
9. 1743 (22 gennaio), Roma, Giovanni Gaetano Bottari, Bibliotecario della biblioteca Vaticana, manoscritto: *Parere d.o in voce nel congresso antecedente da Gio.*

<sup>25</sup> Lo Stato dei difetti è parte integrante di G. Poleni, *Memorie storiche*, cit., p. 242-220.

<sup>26</sup> La lista è largamente tratta da: H. Schlimme, *Construction knowledge in comparison: Architects, mathematicians and natural philosophers discuss the damage to St. Peter's dome in 1743*, «Proceedings of the 2nd International Congress on Construction History», Cambridge 2006, pp. 2853-2867.

Bottari, Biblioteca Apostolica Vaticana (Cicognara v 3849).

10. 1743 (16 febbraio), Trapani, Giovanni Amico, architetto, manoscritto: *Breve Relazione Dell'autore del Modello*, Biblioteca Apostolica Vaticana (Cicognara v 3849).

11. 1743, Roma, Lelio Cosatti, architetto, stampa: *Riflessioni sopra il sistema dei tre rr.pp. maltematici e suo parere circa il patimento, e risarcimento della gran cupola di S. Pietro*, Roma.

12. 1743 (2 marzo e 24 aprile), Bologna, Gabriello Manfredi, matematico, lettere manoscritte, Biblioteca Apostolica Vaticana (Cicognara v 3849).

13. 1743, Napoli, Bartolomeo Intieri, Giuseppe Orlandi, Pietro di Martino, matematici di Napoli: manoscritto senza titolo.

14. 1743 (21 marzo), Padova, Giovanni Poleni, matematico, manoscritto: *Riflessioni sopra i danni e la ristaurazione della cupola del tempio di San Pietro in Roma*, Biblioteca Marciana (5519, cod. DCLVIII).

15. 1743, Anonimo, matematico, manoscritto: *Sentimento di uno matematico scritto currenti calamo sopra il parere di tre matematici romani*, Biblioteca Apostolica Vaticana (Cicognara V 3849).

16. 1743, Roma, Domenico Sante Santini, dilettante in matematica alla Maddalena, stampa: *Risoluzione del Dubbio proposto dal Padre Abate Raviglia e parere intorno alli contraforti, ed altri danni della Cupola Vaticana del P. Domenico Sante Santini De Ministri Degl'Infermi, Dilettante di Matematica alla Maddalena*, Roma.

17. 1743, Roma, Diego de Revillas, architetto, manoscritto: *Osservazioni fatte nel tempio del Vaticano il giorno 16 Febraro 1743*.

18. 1743, Roma ?, Anonimo, stampa: *Lettera del Signor N. N. al Signor N.N. sopra il parere del P. Domenico Sante Santini intorno i danni della cupola di S. Pietro*, Roma.

19. 1743, Roma, Thomas Le Seur, François Jacquier, Ruggiero Giuseppe Boscovich, matematici, stampa: *Riflessioni de padri Tommaso Le Seur, Francesco Jacquier Dell'Ordine de Minimi, e Ruggiero Giuseppe Boscovich della Compagnia di Gesù, sopra alcune difficoltà spettanti i danni, e risarcimenti della Cupola di S. Pietro*, Roma.

20. 1743, architetto, Lelio Cosatti, Roma, stampa: *Aggiunte*, Roma.

21. 1743 (10 giugno), Padova, Giovanni Poleni, matematico, manoscritto: *Aggiunte alle riflessioni sopra i danni e sopra la ristaurazione del tempio di San Pietro in Roma*, Biblioteca Marciana (5520, cod. DCXLIX).

22. 1743, (14 giugno), Roma, Luigi Vanvitelli e altri, architetto e matematico, manoscritto: *Osservazioni sui Danni della cupola di S. Pietro*, 1743. Gabinetto Nazionale delle Stampe (F.C. 128989-128994, vol. 158 H 14).

23. 1744, Roma, Capomastro muratore (forse Nicola Giobbe o Giuseppe Sardi), Roma, Capomastro della Reverenda Fabbrica di San Pietro, stampa: *Breve discorso sopra la Cupola di San Pietro di N. N. capomastro Muratore, ristampato come: Breve discorso in difesa della Cupola di S. Pietro di N.N., capomastro muratore, regolato circa i Danni secondo la prima scrittura de' rr. pp. mattematici l'anno 1744*, Roma.

24. 1744, Castelfranco Veneto, Giovanni Rizzetti, Filosofo naturale e architetto, stampa: *Elementi di architettura per erigerla in scienza, con un discorso sopra la cupola di S. Pietro in Roma*, Venezia.



25. 1748, Padova, Giovanni Poleni, matematico, stampa: *Memorie istoriche della gran cupola del Tempio Vaticano e de' danni di essa, e de' ristoramenti loro, divise in libri cinque*, Padova.

26. 1767, Roma e Dresda, Gaetano Chiaveri, architetto del re di Polonia, stampa: *Breve discorso di Gaetano Chiaveri circa i danni riconosciuti nella portentosa Cupola di San Pietro di Roma, e le sue principali cause, con la maniera durabile, e più sicura per la riparazione*, Pesaro.

Dalla lettura della relazioni di questa lista appare abbastanza chiaro che c'è un diverso approccio tra i matematici e gli architetti; però in generale, a eccezione di Domenico Sante Santini gli architetti non fecero grosse obiezioni alla relazione dei tre matematici che invece ricevette una grossa stroncatura da parte di tre colleghi napoletani Bartolomeo Intieri<sup>27</sup>, Pietro Di Martino<sup>28</sup>, Giuseppe Orlandi<sup>29</sup>, i quali avevano ricevuto da Beneditto XIV l'incarico di esaminare la relazione dei tre matematici. Una stroncatura con un linguaggio più diplomatico fu anche quella di Giovanni Poleni.

### 2.1 Il parere dei tre matematici napoletani

I matematici napoletani dichiarano subito di considerare molto complessa una qualsiasi analisi delle strutture basata sulle leggi della statica. Allo scopo parlano delle indeterminatezze insite in qualsiasi modellazione. Non si capisce bene se si riferiscono alle caratteristiche meccaniche dei materiali – che nel caso del *Parere* dovrebbe riguardare solo la tensione di rottura delle catene di acciaio – oppure anche al modello geometrico. Ma la critica più pungente è quella secondo cui se fosse vero che c'è uno scompenso così grande tra resistenze e spinte allora la cupola sarebbe già dovuta essere crollata, perché la rottura è un processo immediato.

---

<sup>27</sup>Bartolomeo Intieri (1678- 1757). Scienziato di fama mondiale e noto in molte università italiane, inglesi, francesi e americane, fu autore di numerose opere e trattati e inventore di macchinari per l'agricoltura. Nel 1754 fondò, presso l'università di Napoli, la "Cattedra di Commercio e Meccanica" la prima in Europa.

<sup>28</sup>Pietro Di Martino (1707-1746). Fratello di Angelo e di Nicola, fu allievo del matematico Giacinto De Cristofaro. Ottenne nel 1735, la cattedra di Astronomia e di Nautica nei Regi Studi di Napoli e un'altra cattedra nella Reale Accademia di Marina. Fu il primo a determinare la latitudine di Napoli.

<sup>29</sup>Giuseppe Orlandi (1712-1776). Monaco celestino, studiò matematica e filosofia. Nel 1740 ebbe la cattedra di Fisica Sperimentale; in collaborazione con Mario Lama. Studiò a Roma coi padri Jacquier e Le Seur. Fu caro a Bartolomeo Intieri al quale presentò Antonio Genovesi.

Dio Guardi che la bisogna fosse andata così, come i calcoli dimostrano, che non ci voleva neppure un minuto intiero di tempo per far andare la Mole tutta per terra<sup>30</sup>.

I matematici napoletani concludono:

le cose essendo così bisogna dire, che i dati, e gli elementi adoperati da' tre Geometri ne' loro calcoli non siano stati giusti, come quelli, che gli hanno menati a una illazione sì stravagante, e insussistente<sup>31</sup>.

Boscovich non replicò a queste critiche per motivi non noti. Lo farò però io più avanti, mostrandone la sostanziale inconsistenza.

## 2.2 *Le Riflessioni di Giovanni Poleni*

Il parere di Giovanni Poleni sulla “salute” della cupola di San Pietro è contenuto nel già citato *Riflessioni sopra i danni e la ristaurazione della cupola del tempio di San Pietro in Roma* del marzo 1743, nelle *Aggiunte alle riflessioni sopra i danni ...*, del giugno e soprattutto nelle *Memorie istoriche* del 1748.

Poleni sostiene essenzialmente che il cinematismo proposto dai tre matematici, se esaminato accuratamente, non spiega il quadro fessurativo. Per questa critica si avvale anche di un modellino tridimensionale dal quale secondo lui si vedrebbe quale sarebbe il quadro fessurativo se si esaminasse il cinematismo dei tre matematici nello spazio tridimensionale, come deve essere, in cui il tamburo è un cilindro e non un segmento. Per quanto riguarda le assunzioni di carattere meccanico ritiene improbabile che elementi massicci come le nervature e il tamburo possano muoversi, come vogliono i tre matematici, senza fessurarsi. Infine er quanto riguarda i danni riscontrati Poleni crede che essi non siano indice di pericolo imminente e che siano dovuti principalmente all'assestamento delle murature, alla loro cattiva qualità e a cause esterne quali terremoti e fulmini.

I rimedi proposti sono la posa in opera di cinque nuovi cerchioni, che servono sia per stringere la cupola, sia la base del tamburo e il piano attico. Inoltre è prevista la riparazione di uno dei vecchi cerchioni trovato rotto in più punti e la posa in opera di un sesto cerchione che sostituisse quello vecchio immerso nella muratura di cui si sospettava la rottura. I cerchioni vengono incassati e resi aderenti alla muratura.

Se il lavoro di analisi e di interpretazione dei danni di Poleni, a prima vista, potrebbe essere considerato più convincente di quello dei tre matematici, la sua analisi statica è decisamente deludente. Le sue *Memorie istoriche* sono senza dubbio un ca-

---

<sup>30</sup> G. Poleni, *Memorie istoriche*, cit., p. 301.

<sup>31</sup> Ivi, p. 30.

polavoro della letteratura tecnica di tutti i tempi. Per la ricchezza della documentazione del rilievo dei danni (si ricorda che Poleni ha un grande vantaggio rispetto ai tre matematici; egli può disporre dell'opera di un architetto eccezionale quale è Vanvitelli e della manodopera della Fabbrica ai fini di un rilievo accurato delle fessurazioni della cupola), per l'esposizione delle conoscenze dell'epoca, per l'originalità di alcune idee. L'interpretazione dei dissesti di cui a cupola di San Pietro soffriva, viene fondata su fasi metodologiche articolate secondo un approccio ancora condivisibile che interessa i due ambiti base del restauro, quello storico e quello tecnico i quali si devono affrontare dando loro la medesima importanza. La "fabbrica" della cupola viene analizzata dalla sua concezione alla sua realizzazione, nonché attraverso le fasi diverse del cantiere.

Nelle *Memorie storiche* è contenuta, tra le prime volte, l'idea di trattare una cupola come una serie di archi ottenuti sezionandola in forma di spicchi con piani meridiani. Di questi archi, con un metodo ingegnoso di tipo sperimentale, Poleni riesce a determinare la curva delle pressioni. Quando paragona questa curva con la forma della cupola e trova che essa non è troppo distante dalla sua linea media considera terminata la sua analisi. Siamo in presenza di una timida applicazione della meccanica alle costruzioni, timida perché non definisce quanto può discostarsi la linea delle pressioni dalla linea media, ma soprattutto perché non porta alla determinazione delle spinte.

Molto interessanti sono anche le considerazioni di Poleni sulla resistenza dei materiali. Qui, criticando implicitamente i tre matematici, afferma che non si possono considerare validi i risultati di Musschenbroek perché si riferiscono a fili sottili ottenuti per trafilatura, per i quali il ferro ha una maggior resistenza specifica rispetto alle normali barre di ferro. E infatti effettuando nel suo laboratorio prove di rottura di barre di ferro dolce egli trova una resistenza di rottura inferiore a 350 MPa, contro i quasi 400 adottati dai tre matematici. Comunque anche queste sono considerazioni sostanzialmente sterili se non si sa calcolare la forza che sollecita i cerchioni.

### 2.3 I rapporti tra Boscovich e Poleni

Boscovich, nato nel 1711, era molto più giovane di Poleni, nato nel 1685. Poleni era celebre e ricco; Boscovich cominciava a farsi conoscere. Inoltre, Boscovich era stato tutore del figlio di Poleni prima del 1740<sup>32</sup>. Non fa dunque meraviglia il tono di reverenza e stima con il quale egli si rivolge a Poleni nelle prime lettere. La stima verrà meno nelle ultime missive, nelle quali Boscovich accuserà apertamente Poleni di doppiezza. Tutto naturalmente ruota attorno alle relazioni sulla cupola vaticana

---

<sup>32</sup> Vedi la lettera di Boscovich a Poleni del 24 agosto 1740. In corso di stampa nell'Edizione Nazionale delle Opere e della Corrispondenza di Ruggiero G. Boscovich.

che Boscovich, Jacquier e Le Seur da una parte e Poleni dall'altra avevano preparato o stavano preparando per ordine di papa Benedetto XIV.

Del carteggio tra Boscovich e Poleni si sono conservate poco più di dieci lettere, già pubblicate o in corso di pubblicazione in questa Edizione Nazionale. Nel seguito riporto una sintesi di alcune di tali lettere che consentono di capire in modo soddisfacente lo sviluppo dei rapporti tra i due studiosi. La prima lettera è di Poleni che scrive a Boscovich una lettera molto stringata ma ossequiosa, in cui comunica di avere inviato al papa il suo parere, *Riflessioni sopra i danni e la ristaurazione della cupola del tempio di San Pietro*.

Essendo qualche tempo che non ho veduto di voi lettere rompo come dirsi suole il silenzio, e mi do il contento di baciare umilmente le mani nella maniera che posso. Ne' scorsi giorni ho spedito costà la Scrittura mia da esser posta a piedi venerandi di sua Santità nostro signore. Se in alcune parti mi sarò scostato dal loro parere, sono certo, che elle pur gradiranno che io abbia scritto l'opinione con la dovuta sincerità, come con sincerità ho epsosto la stima che ben grande professo verso di loro. la prego dio ricordare li dovuti rispetti alli PP. Minimi miei benigni Padrini, e di conservarmi la sua, e la loro pregiatissima grazia, perch io sono, quale mio dico con pieno rispetto<sup>33</sup>.

Poco dopo Boscovich comincia a nutrire qualche sospetto sulla sincerità di Poleni nei suoi confronti, come è chiaramente testimoniato dalla seguente lettera:

Da noi si teme, si è, più di ogni altro che di qua le sieno state da' nostri avversarj supposte per vere varie notizie false, il quale motivo somma il nostro desiderio di vederla qui, ove avrebbe potuto facilmente da se medesima osservare il tutto e pigliare verj lumi si de' caratteri di più persone, si dello stesso stato di cose, che difficilmente le [?] possono arrivare sinceri così lontano: ed è stata pari la nostra afflizione nell'udire svanita questa speranza.

Questo timore medesimo congiunto con alcune altre cose, che sono per aggiungere ci hanno anche fatto dubitare del suo animo verso di noi, che per qualche sinistra relazione fattale ne fosse stato alienato in gran parte, e ciò ci regava un'enorme afflizione dispiacendoci oltre modo che la diversità de giudizi, quando anche realmente vi sia, passi a partorire disunioni di volontà.

---

<sup>33</sup> Poleni a Boscovich, 29 marzo 1743. Edizione Nazionale delle Opere e della Corrispondenza di Ruggiero G. Boscovich.

Io dal signor Abate Cecchi udj il suo desiderio di essere informato dello stato della Cuppola, quando appunto avevo avuto l'ordine di scrivervi sopra. Giudicai di non poterla soddisfare, che coll'inviarle la nostra compiuta scrittura e l'assicuro con ogni sincerità che io non seppi mai la comunicazione pur anco a lei di travagliare sulla stessa materia, e solo il giorno innanzi avevo appreso [?] inviava una copia a nome di S. Santità per udire il suo giudizio sulla medesima, come avevo procurato prima, e me ne puo essere testimonio Mons. Economo e il Sig. Conte Crispi commune amico, a cui ne avevo parlato. Quindi il giorno appresso le diede un dettaglio delle cose principali trattate insieme le accennai che temevo qui torbidi che non erano patenti per anche, e si sono veduti appresso.

Queste parti le feci con lei a nome comune di tutti tre, che sempre avevamo goduta la sua grazia, e ne avevamo ricevute in pegno vivissime espressioni di cui ne sono piene tutte le sue lettere, che per parte mia le conservo in gran numero. Alla prima delle mie due lettere mi rispose quattro ricche delle coniche, e nelle quali non diceva pur'una parola sulla Scrittura medesima, o sulla materia, ma solo che avrebbe scritto con sincerità e rispetto; alla seconda non rispose di suop pugno per l'incommodo dell'influenza, e diceva che sulla materia controversa si rimetteva alla sua ultima, in cui in sostanza non aveva detto nulla [...]

In appresso [?] si intese per varie parti, che si trovavano da lei molte difficoltà nella nostra Scrittura, che avrebbe avuto bisogno di [?] notizie e non ci vedevamo di alcun di simil cose fatta da lui confidenza, anzi di più al ricevere la Scrittura del P. Santini, uomo il quale brameremmo sommamente che fosse trattato e conosciuto da lui, nel quale si contengono molte cose contrarie [?] ci fu detto essersi da lei scritta una lettera in cui diceva che ne aveva ricevuti gran lumi e che approvava il suo Sistema, almeno il medesimo se n'è vantato; e si è pur detto andrebbe stamparsi da esso la medesima lettera di lei, in una scrittura che sta per uscire piena d'invettive, per quanto si dice contro noi tre.

Queste cose tutte considerate ci avevano fatto apprendere il suo animo del tutto mutato verso di noi, e stimavamo che la mutazione fosse provenuta come abbiamo detta da qualche sinistra informazione sulle nostre procedure, fattale da qualcuno dei molti nostri nemici, che delle medesime [?] hanno per Roma divulgate molte falsità, accendendo non sappiamo con quale spirito, un fuoco, che anche tutt'ora e sempre più va accrescendosi.

Questa è stata la causa per cui ci siamo astenuti dallo scriverle più e anzi dall'inviarle la seconda nostra Scrittura che abbiamo dovuta pubblicare per nostra giustificazione, la quale stimavamo per altro le do-

vesse essere inviata da Palazzo e le fu mandata otto giorni dopo da Mons. Segretari ed Economo<sup>34</sup>.

A questa lunga lettera ne segue una più breve, in cui si spera ancora che il comportamento di Poleni sia amichevole:

La mia assenza da Roma per tutto il tempo delle scorse vacanze di Pasqua è stata la causa [?] e tardi ho ricevuto il suo graditissimo foglio, ed ho dovuto tardar a rispondere. Mi ero portato a Frascati per rimettermi coll'ozio della campagna dalle fatiche sofferte, come pure avevano fatto i due PP. Minimi portarsi ad Albano d'onde il P. Jacquier tornò ieri. Le notizie che abbiamo avute questi giorni ci fanno credere che la presente non l'avrebbe più ritrovata in Padova ma che per nuove premure di S. Santità già sarebbe in viaggio per Roma. Ad ogni modo non abbiamo giudicato opportuno lasciar di fare questa diligenza per ogni caso che fosse occorso, per attestarle l'estrema consolazione che abbiamo provata nel conoscere, e dalla sua lettera e da alcune altre, la comunicazione della sua bontà verso di noi, e la falsità di varie cose qui divulgate<sup>35</sup>.

L'epistolario attualmente noto si interrompe per un lungo periodo a questo punto e forse non solo perché le lettere non si sono conservate, ma proprio perché non ve ne sono state. Boscovich riprende i contatti con una lettera diplomatica in cui mostra di credere, ma in modo poco credibile, che il silenzio di Poleni dipenda da una di lui infermità:

Il non aver vedute da più ordinari le lettere mi ha messo in una non piccola sollecitudine per la vostra salute. La settimana passata, come vi scrissi, mi venne qualche timore; ma lo cacciai perche la stessa premura che hoi di vedere un uomo del vostro merito, ed uno che mi ha onorato in questi ultimi tempi col titolo e dimostrazioni di amico, che io pregio più di ogni altra cosa, che mi possa esser cara, mi lusingava facendomi credere che d'altronde provenisse il suo lungo silenzio. Ora che il tempo va più avanzandosi, e che rifletto alle vostre solite indisposizioni accresciutesi poco prima della vostra ultima, mi cresce il timor e genera

---

<sup>34</sup> Boscovich a Poleni, 6 aprile 1743. Edizione Nazionale delle Opere e della Corrispondenza di Ruggiero G. Boscovich.

<sup>35</sup> Boscovich a Poleni, 27 aprile 1743.

un'angustia, che spero venga a dileguarsi il prossima Mercoledì con qualche nuova di voi<sup>36</sup>.

Infine dopo ancora un anno, senza apparentemente altre lettere, Boscovich rompe gli indugi e accusa apertamente Poleni di doppiezza:

Noi sig. marchese siamo rimasti non poco offesi di voi. Non già perché ove si tratta della Cupola voi siate di sentimento contrario a noi: nò in conto alcuno. Distinguiamo benissimo l'intelletto dalla volontà. Siamo i primi a desiderare che con tutta sincerità esponiate il vostro sentimento.

Dio ci guardi da un benche minimo desiderio, che in riguardo nostro o tradisca il pubblico o dissimuli. La sola verità abbiamo cercata, e vogliamo che dagli altri si cerchi. Ma per dirvela candidamente noi abbiamo de' molti riscontri che una qualche politica vi faccia portar con noi diversamente da quello, che una intrinseca amicizia, esibita e non richiesta da noi richiederebbe.

Abbiamo de' riscontri che non solo con S. S.<sup>ta</sup> ma con altri ancora, e ben molti, abbiate oltre ogni limite doveroso esagerata la spesa che si richiedeva, dicendo anche che si voleva da noi far spendere milioni, [o] almeno fare esorbitatissime spese. Questa seconda cosa è evidentemente falsa, e forse vedrà il pubblico il catalogo delle spese richieste per tutto il nostro progetto. La prima l'abbiamo stimata contraria alle leggi dell'amicizia, in quanto se voi avevi tante gravi difficoltà contro il nostro sistema da spacciarlo insussistente, potevi bene senza farne motto a noi dirlo a sua S. S.<sup>ta</sup>, ma certamente non spacciarlo in presenza di molti altri, senza prima darne un parere anche a noi. Anzi come alcune volte vedono meglio 6 occhi di due, forse il venire a lingua con noi avrebbe servito per qualche lume, che il nostro Sistema vi mettesse in miglior prospetto, lume, che forse servirà a metterlo in miglior prospetto appresso il pubblico, che ove sia ben informato de' fatti sarà giudice con patente [...].

Ricavi sinceramente ciò, che raffredda la nostra amicizia. Temo che al solito nulla mi risponderete su questo punto, ma io amo meglio l'epesprimermi tutto, giacché devo scrivervi con tutti i titoli di amico [...].

Tutto vostro<sup>37</sup>.

---

<sup>36</sup> Boscovich a Poleni, 4 aprile 1744. Edizione Nazionale delle Opere e della Corrispondenza di Ruggiero G. Boscovich.

<sup>37</sup> Boscovich a Poleni, 1° maggio 1745. Edizione Nazionale delle Opere e della Corrispondenza di Ruggiero G. Boscovich.

Leggendo le *Memorie storiche* in cui è riportata la versione dei fatti di Poleni, si trovano riscontri che sembrano giustificare il giudizio di Boscovich. Per esempio Poleni parla con ossequio di Santini, a proposito del quale si può dire senza grossi dubbi essere un “matematico” non molto aggiornato, ed elogia il sistema di Santini contro quello di Boscovich, seppure non lo condivide<sup>38</sup>.

Boscovich ritornerà più avanti con un commento polemico sul comportamento tenuto da Poleni. Ecco quanto scriverà Boscovich nella *Scrittura sulli danni osservati nell'edificio della Biblioteca Cesarea* del 1763<sup>39</sup>.

Co' cerchi si è frenato la spinta laterale della gran cupola di S. Pietro di Roma, la quale certamente aveva seguitato a far crescere continuamente la pendenza di tutti i suoi superiori sostegni, e le tante aperture. Il sig. March: e Poleni, che per certi fini politici ha negata questa spinta, e che ha detto, non essere necessarj i cerchi, ad ogni modo ha voluto, che si mettano que' 5, che già erano progettati, insistendo su cio dopo di avere vedute cogli occhi suoi gli effetti; benche con quella ordinazione disgustasse anche il partito, che lo aveva chiamato a cose concertate con esso, quale partito per secondi fini voleva si dicesse, che non vi era bisogno di nulla. Rimase poi ben intrigato quando stampati già gli altri libri della sua opera vedè, che scoperto un cerchio antico messo nel tempo stesso della costruzione di quella gran mole, dopo una gagliarda tensione si era rotto, e distaccato in un luogo per 5 dita, in un altro per tre, come si vede dalle innaturali spiegazioni, che si sforza di dare a questo fenomeno nell'ultimo libro della sua opera. I cerchi furono messi in quel maggior numero oltre alla restaurazione del rotto, e ben stretti, né da quel tempo fino alla mia partenza da Roma in 15 anni erano seguiti altri movimenti sensibili in quel genere.

### 3. Geometria della cupola

La prima basilica vaticana, iniziata intorno al 320 dopo Cristo, sotto l'imperatore Costantino I nel luogo dove si trovava la tomba dell'apostolo Pietro, fu consacrata da papa Silvestro I nel 326 e compiuta nel 349. Di grandezza paragonabile all'attuale, era a cinque navate divise da colonne, preceduta da un vasto atrio a qua-

---

<sup>38</sup> G. Poleni, *Memorie storiche*, cit, p. 128.

<sup>39</sup> Per la perizia di Boscovich sulla Biblioteca Cesarea di Vienna, le vicende storiche e i problemi di statica presentati dall'edificio si veda *questo volume* alle pp. 169-208.



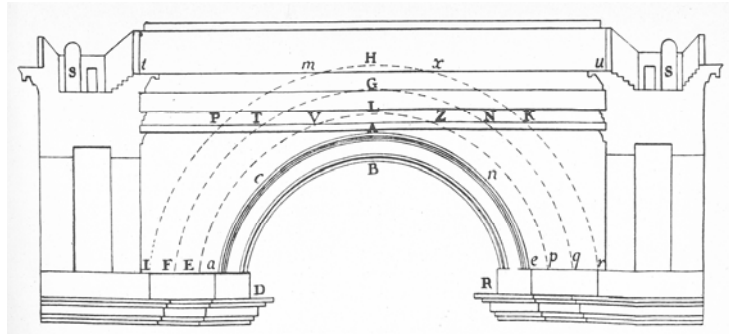
driportico con il *cantharus* (vasca per le abluzioni) nel mezzo. Continuamente arricchita nei secoli successivi, dopo più di mille anni di vita minacciava di rovinare. Papa Niccolò V ne decise allora il rifacimento e l'ampliamento di tutta la zona absidale, affidandone il progetto a Bernardo Rossellino; morto il pontefice nel 1455, i lavori furono sospesi per quasi mezzo secolo. A decidere la ricostruzione totale della basilica fu Giulio II, che ne incaricò Bramante (1444-1514). Bramante, seguendo un'impostazione della pianta, a croce greca, cominciò col demolire buona parte dell'antica chiesa, senza riguardo per le preesistenze, attirandosi il nomignolo di *Mastro Ruinante* e arrivò a costruire i quattro piloni con quattro arconi che li collegano in sommità. La costruzione fu portata avanti con troppa fretta e senza tenere in debito conto i problemi strutturali relativi a questa costruzione che era quanto meno eccezionale.

I lavori per la nuova basilica iniziarono il 18 aprile 1506, ma Giulio II e Bramante morirono agli inizi dell'opera e Raffaello, chiamato a dirigere i lavori in collaborazione con fra' Giocondo e Giuliano da Sangallo, ideò invece un maestoso progetto a croce latina; dopo di lui Baldassarre Peruzzi tornò alla croce greca. Antonio da Sangallo il Giovane, il quale intraprese una sostanziale opera di rinforzo della parte che era stata eseguita sotto Bramante, rinforzando in modo particolare i quattro grandi piloni, ritornò alla croce latina. Nel 1546 Paolo III affidò a Michelangelo il compito di completare l'opera. Michelangelo riportò il progetto alla croce greca. Egli condusse molto avanti i lavori fino al completamento quasi definitivo del tamburo, senza però iniziare la cupola della quale aveva fatto costruire un modello in legno. Alla sua morte, nel 1564, i lavori generali della basilica furono seguiti da Vignola e da Pirro Ligorio. La costruzione della cupola fu portata avanti da Giacomo Della Porta, allievo di Michelangelo, con l'aiuto di Domenico Fontana. Della Porta modificò il progetto michelangiolesco innalzando il piano di posa della cupola di circa sei metri con una parete muraria verticale, detta in seguito piano attico. La cupola fu completata in soli due anni dal luglio 1588 al maggio 1590, sotto Sisto V, poco prima della morte di questo pontefice.

La cupola si poggia su quattro grandi piloni pentagonali del perimetro di circa 71 metri, con una larghezza di circa 20 metri e un'altezza di 45 metri. Su ciascun pilone è poi ricavata una nicchia che è occupata da una statua di un santo dal quale prende il nome il pilone. Ogni coppia di piloni è collegata con un arcone di luce di circa 33,4 metri e una larghezza di quasi 9 metri. Gli arconi sono costruiti su più strati derivando la soluzione finale di Michelangelo da una modifica del progetto di Bramante, il quale aveva costruito un arcone troppo sottile per reggere il carico della cupola<sup>40</sup>.

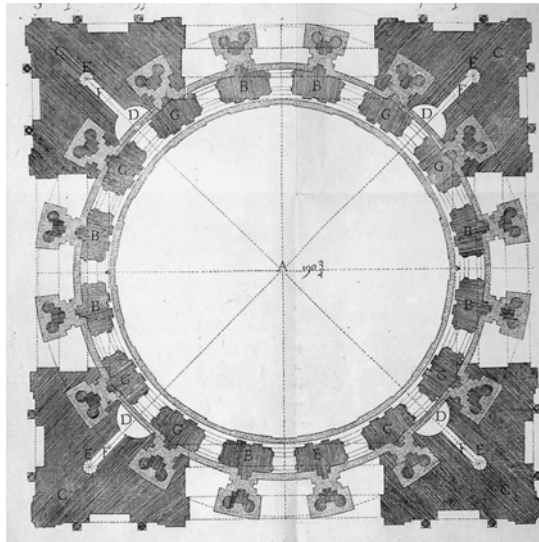
---

<sup>40</sup> D. Casalino (a cura di), *La Basilica di San Pietro in Vaticano*, Garzanti, Milano 1999.



**Figura 3.1** Gli arconi su più strati<sup>41</sup>.

La disposizione degli arconi può vedersi nella Figura 3.1; le linee tratteggiate indicano il profilo dei tre costruiti da Michelangelo al di sopra di quello di Bramante. Il punto H manifesta il punto di massimo rialzo, dove i corridoi che girano attorno alla base del tamburo sono costretti a salire. La Figura 3.2 mostra in pianta i quattro piloni e gli arconi.



**Figura 3.2** I piloni e gli arconi<sup>42</sup>.

<sup>41</sup> R. Di Stefano, *La cupola di San Pietro*, 1° ed., cit., p. 69.

<sup>42</sup> F. Baldinucci, *Vita del Cavalier Gio. Lorenzo Bernino...*, cit., Tavola III.

Sopra i piloni è innestato il tamburo, formato da una base, dal tamburo propriamente detto e dal piano attico. La base del tamburo, che nel tratto più largo raggiunge lo spessore di circa 9 metri, è divisa sostanzialmente in due muri da un lungo corridoio che la percorre lungo tutta la lunghezza, come è evidente dalla Figura 3.3 alla pagina successiva. Il muro interno ha la funzione statica principale, quella di sorreggere il tamburo propriamente detto. Il muro esterno è contrastato da sedici potenti contrafforti, contrassegnati con le lettere N, P, Q nella Figura 3.3 in alto, ravvivati da colonne binate di ordine corinzio; nel tratto di muro tra due contrafforti sedici finestrone per dare luce alla chiesa (Figure 3.3 e 3.4). Esso ha la funzione statica insieme ai contrafforti di assorbire le spinte dei sedici costoloni che formano le nervature della cupola (*vedi infra*). Sopra la base si alza il tamburo propriamente detto che ha un'altezza di 15 metri e uno spessore di 3,12 metri circa (l'altezza totale del tamburo compreso il basamento è di 22,54 metri)<sup>43</sup>. Sopra il tamburo si innalza il piano attico dell'altezza di circa 6 metri. Questo elemento, come già detto, fu introdotto da Della Porta per alzare l'imposta della cupola che nel progetto di Michelangelo doveva partire dal tamburo. Lo spessore del piano attico, sempre notevole, un po' minore di quello del tamburo, è pari a 2,7 metri.

A partire dal piano attico si innesta la cupola che ha un diametro interno di circa 42,4 metri (contro 43,1 metri del Pantheon). L'altezza della cupola dal cornicione alla posa della lanterna è di 51,77 metri, fino a sotto l'occhio della lanterna 48 metri; così la cupola non è semisferica ma a sesto acuto, seppure non accentuato. La Figura 3.4 illustra una sezione della cupola, del basamento, del tamburo e dell'attico e della lanterna, da cui si vedono le altezze dei vari componenti.

Dal tamburo partono i 16 costoloni a forma di semiarco, contrassegnati con la lettera X nella Figura 3.4, di larghezza e altezza variabili. All'attacco con il piano attico la larghezza (in direzione circonferenziale) è di 2,45 metri, mentre l'altezza è di circa 2,7 metri, pari allo spessore del piano attico. L'altezza della nervatura tende a crescere andando dall'imposta verso il colmo mentre diminuisce la sua larghezza in modo da mantenere quasi costante l'area. I costoloni sono collegati tra loro dalla cupola, che si mantiene di spessore unico fino a una certa altezza sino a dividersi in due calotte, dello spessore di circa 1,34 metri quella più interna e 0,8 metri quella esterna. Le due calotte si allontanano tra loro andando verso l'alto e lasciando uno spazio che nel punto più stretto è un po' meno di 1,34 metri.

---

<sup>43</sup> Nota che alcune delle misure sono state prese direttamente dai disegni di Carlo Fontana e quindi posso essere affette da approssimazioni. La cosa credo non abbia rilevanza visto che la presente descrizione della cupola ha la funzione principale di aiutare alla comprensione del *Parere* e delle *Riflessioni*.

Al termine della cupola su un foro di circa 7 metri delimitato da un robusto anello si erge il cupolino.

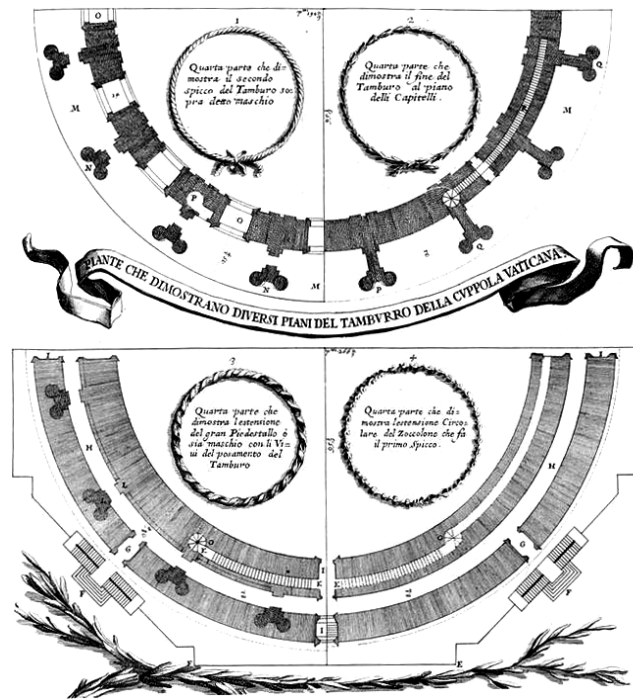


Figura 3.3 Sezioni del tamburo a due livelli<sup>44</sup>.

All'interno degli elementi strutturali vi sono una serie di passaggi. Da segnalare le scale a chiocciola collocate all'interno dei piloni, le scale a chiocciola all'interno del tamburo e della base, visibili nella Figura 3.3. Il corridoio indicato con la lettera G nella Figura 3.4 che corre tutto intorno al tamburo rialzandosi in corrispondenza dei punti di massima altezza degli arconi. Inoltre il corridoio che sta sopra la lettera S della Figura 3.4 e che fora le nervature, permettendo il percorso circolare, e il corridoio Æ (poco visibile nella figura) che all'altezza della lanterna consente la circolazione. Da segnalare le porte N che forano i contrafforti e le sedici finestre indicate con la lettera P nella Figura 3.4 che forano il tamburo per una larghezza 2,68 metri e

<sup>44</sup> C. Fontana, *Templum Vaticanum et ipsius orig: cum aedificiis maxime conspicuis & recens ibidem constitutis*, cit., La figura è a p. 331.

un'altezza di 5,13 metri. La cupola esterna è forata da tre ordini di sedici finestre o occhi con la funzione di far luce tra l'intercapedine delle cupola.

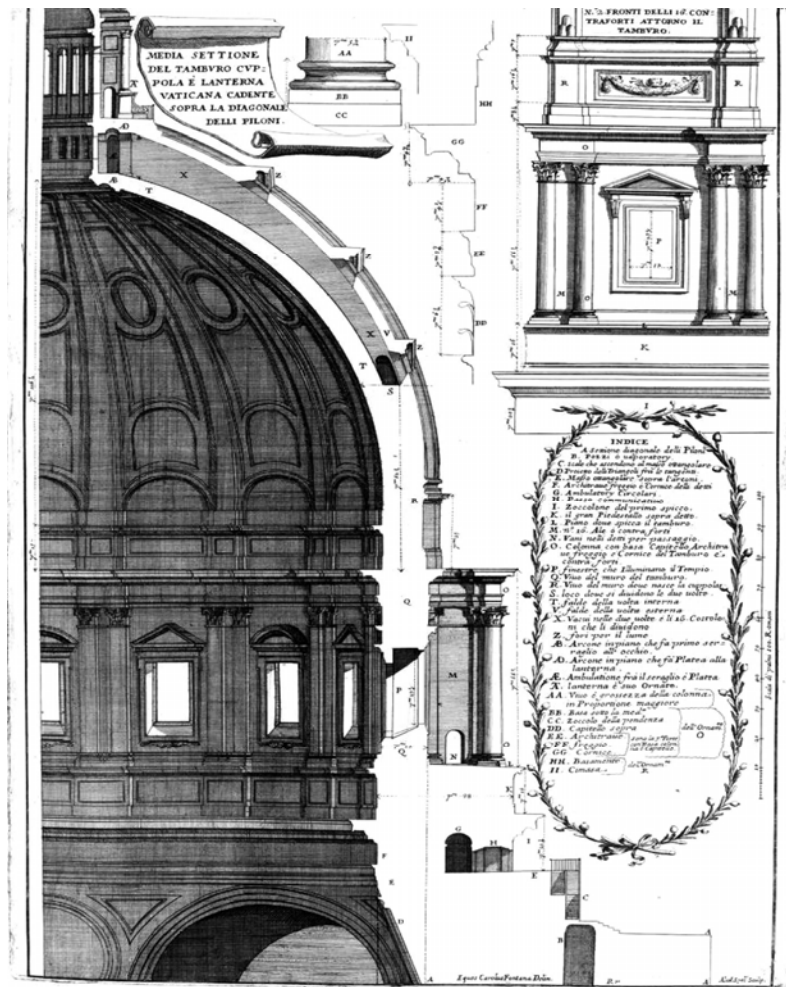


Figura 3.4 Sezione della cupola<sup>45</sup>.

<sup>45</sup> C. Fontana, *Templum Vaticanum et ipsius orig: cum aedificiis maxime conspicuis & recens ibidem constitutis*, cit., p. 335.

#### 4. *Il Parere*

Come già detto il *Parere* contiene le considerazioni di “Thomas Le Seur dell’ Ordine de’ Minimi Professore di Matematica, di Francesco Jacquier dell’ Ordine de’ Minimi Professore di Matematica, e di Ruggiero Giuseppe Boscovich della Compagnia di Gesù Professore di Matematica in Collegio Romano, sui patimenti della Cupola di S. Pietro, e de’ rimedi da loro suggeriti” in obbedienza all’incarico ricevuto nel 1742 da papa Benedetto XIV.

La loro “dissertazione” può essere divisa in tre parti; nella prima considerano lo stato presente dell’ Edificio e dei danni che hanno rilevato; nella seconda ne ricercano la causa; nella terza propongono quei rimedi, che reputano “poter rimediare al passato, e provvedere al futuro”.

##### 4.1 *Descrizione dei danni*

La prima parte del *Parere* riguarda la descrizione delle lesioni, delle quali scrivono la lista che riassumo sotto con qualche semplificazione:

1. La base esteriore A del tamburo è piena di spaccature, molte delle quali corrono unite in sù per tutto il tamburo medesimo, e per tutto l’Attico, fino a nascondersi in *nd* sotto i piombi non ancora scoperti.
2. Le spaccature crescono in su e piegano dagli arconi in giù verso i piloni.
3. Nel corridoio CB del la base del tamburo si vedono molte aperture, che in giù piegano verso i piloni.
4. Nello stesso muro esterno del corridoio si vedono raddoppiate aperture orizzontali verso il fondo B.
5. Dette aperture orizzontali passano tutto lo spessore BA del muro esterno della base del tamburo.
6. Si vede una sola nel muro interno C del corridoio.
7. La volta E del corridoio è tutta spaccata in mezzo.
8. La spaccature passa tutta lo spessore EF della volta, per continuare sotto gli archi delle porte F dei contrafforti.
9. [...].
10. I sedici contrafforti FG si vedon rotti con moltissime aperture, che nel salire piegano in dentro.
11. [...].
12. [...].
13. [...].
14. Gli architravi *r* delle sedici finestre son rotti tutti meno uno o due.
15. In uno stipite di finestra *a* è degna di considerazione un’apertura verticale, che cominciando al basso nella faccia voltata, all’altro stipite, piega un poco in dentro.
16. Tutte le scale a chiocciola per cui si sale dentro al tamburo, sono alquanto dissestate.

17. Entrando fra le due Cupole attraverso il piccolo corridoio K, si vedono delle aperture verticali negli spicchi tra muri T de' costoloni che terminano sotto K, dove le due Cupole son unite. Di tali aperture ve ne sono 37 nella Cupola esterna e 39 nell'interna.

18. Sotto il cupolino nel piccolo corridoio O si vedono rotti i muri dei costoloni, seguendo attraverso essi le spaccature orizzontali OP.

19. Anche nella volta di questo corridoio si vedono delle aperture, che passano verso *u* sotto gli archetti de' contrafforti del cupolino.

20. Questi archetti in Q hanno molte aperture, che terminano verso il mezzo delle finestre.

21. [...].

22. [...].

23. Nello spicchio della cupola sopra il pilone della Veronica<sup>46</sup> si vede una grandissima apertura SqYZ. Sopra il pilone del Longino, che resta in faccia, vi è un'altra simile spaccatura assai sensibile, anche a guardarla giù dalla Chiesa. Sopra gli altri due piloni pure, benché alquanto minori.

24. Gli architravi di quasi tutte le finestre del tamburo in X sono rotti.

25. Nei pilastri del tamburo si vedono delle aperture orizzontali.

26. Nei mosaici sopra il cornicione Z si vedono alcune fessure orizzontali, benché non troppo sensibili.

27. I due arconi attorno al pilone della Veronica hanno sulla cima in mezzo una fessura, senza però che si discosti una parte dall'altra, o l'una scenda sotto l'altra. Sotto il cornicione tra l'arco de' SS. Simone e Giuda, e il pilone della Veronica scende una fessura, che muore assai prima di giungere all'arco.

28. In vari luoghi tanto di fuori, quanto fra le due cupole si vedon rotti, o distaccati alcuni pezzi di marmo a coda di rondine messi in questi ultimi anni attraverso alle spaccature per vedere se l'edificio si muoveva.

29. I paletti de' cerchi L che cingono la Cupola interna, si vedono in alcuni luoghi rimossi dal sito verticale per vari centimetri.

30. Di fuori nell'Attico da *m* fino ad *n* si vedono in più posti delle aperture orizzontali nelle commessure de' travertini rialzati un tantino e un simile moto si riscontra in alcuni stipiti delle finestre esteriori nel corridoretto K, che gira tra le due Cupole.

31. Quello è ciò, che abbiamo veduto cogli occhi nostri. Di più fatti esaminare i pilastri *b* col piombino si è trovato, che sbilanciano in fuori, altri tre once, altri due, e mezza, ed altri meno, e altrettanto in circa sbilanciano pur' in fuori i pilastri de' contrafforti G, che stanno attaccati al tamburo. Ma de' pilastri esteriori de' medesimi contrafforti alcuni sbilanciano un tantino in dentro, altri stanno a un di presso a piombo.

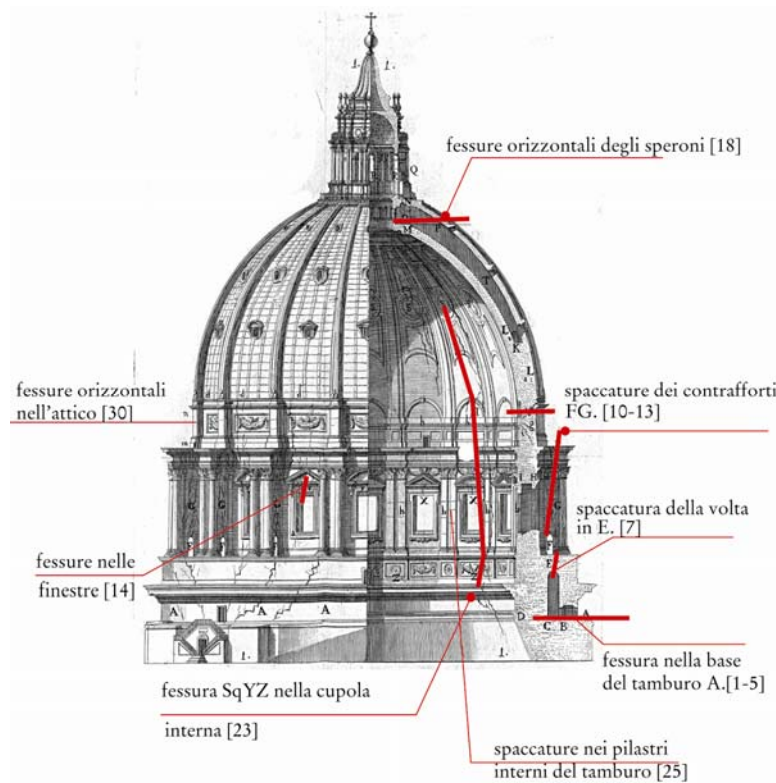
32. La gran spaccatura sopra il pilone della Veronica sul cornicioncino dell'Attico in *h* è di quattro once, e vene sono due vicinissime, in cui essa diramasi di un'oncia e mezza fra tutte due. Quella in faccia sopra il Longino è di due once e mezza. Ivi le spaccature in

---

<sup>46</sup> Per collocare i piloni all'interno della basilica di San Pietro si può far riferimento alla figura 3.2.

giro sono in numero 27., e tanto grosse, che messe insieme si trovano di 2. once, e poco più sù di 24.

I danni principali sopra riferiti sono riportati nella Figura 4.1, dove è indicato tra parentesi quadre il numero corrispondente dell'elenco sopra riportato.



**Figura 4.1** Il quadro fessurativo della cupola.

#### 4.2 Il meccanismo di rottura e le forze

Descritti questi “patimenti” i tre matematici passano alla seconda parte della relazione, ovvero a spiegare quali sono le cause. E ciò in due tempi, prima individuando il meccanismo di rottura, ovvero i possibili movimenti che può prendere il sistema dei corpi costituenti la struttura dopo che si sono individuati i punti di rottura; poi considerando le forze resistenti e quelle che invece tendono a far rovinare la cupola. Si noti che essi si riferiscono al meccanismo di rottura col il termine “sistema”, mu-



tuando una terminologia ormai prevalente nella letteratura dell'epoca. Ecco la definizione di Poleni:

Sistemi io chiamo le proposizioni introdotte per dedurre da una pernicioso causa tutti gli effetti de' danni che nella gran mole si scorgono<sup>47</sup>.

Per prima cosa scartano la possibilità di un cedimento dei pilastri, riferendosi alle voci che erano circolate a causa dei lavori di restauro di Lorenzo Bernini sotto Urbano VIII (intorno al 1625). I tre matematici citano l'opera di Filippo Baldinucci che riporta un'accorata difesa di Bernini dicendo due cose. Prima di tutto i lavori ai quali era attribuito il cedimento dei piloni (scale a lumaca, scavo delle nicchie) non erano opera di Bernini, secondo che i piloni non avevano subito nessun cedimento.

Prima di passar oltre a determinare il sistema generale del medesimo continuo movimento ed assegnarne la causa, convien pur anche stabilire un principio troppo importante, ed è, che i fondamenti non anno punto patito, ed i piloni, che sostengono l'immenso peso della gran mole, non si son mossi.

In primo luogo se i piloni avessero patito, o alcuno di essi si sarebbe abbassato più degli altri, o avrebbe dato in fuori: in amendue i casi converrebbe, che si fossero rotti non solo i due grandi arconi, che vi appoggiano

In secondo luogo se i fondamenti, e i piloni avessero col suo patire cagionati i danni della Cupola, non sarebbero le aperture sì tenui verso il fondo della base del tamburo, e i maggiori allargamenti solo nelle parti più sollevate, come si è veduto, che accade al num. 2. dal quale si ricava che il fondo della medesima base, dove essa appoggia sù gli arconi, e sù i piloni è intero, e che di là in sù anno la sua origine le spaccature, che poi si vanno sempre più dilatando<sup>48</sup>.

Stabilito ben questo punto, i tre matematici continuano:

convien dir, che la Cupola abbia patito in se stessa. Ecco pertanto il sistema generale del movimento, che riputiamo abbia, fatto. Poiché i pilastri interni del tamburo, e il muro esterno sbilanciano in fuori secondo, il num. 29., bisogna ammettere, che il peso del cupolino premendo in MN sulle due cupole, e dei costoloni unito col proprio peso delle cupole stesse abbia spinto in fuori il muro tamburo che li sosteneva. I co-

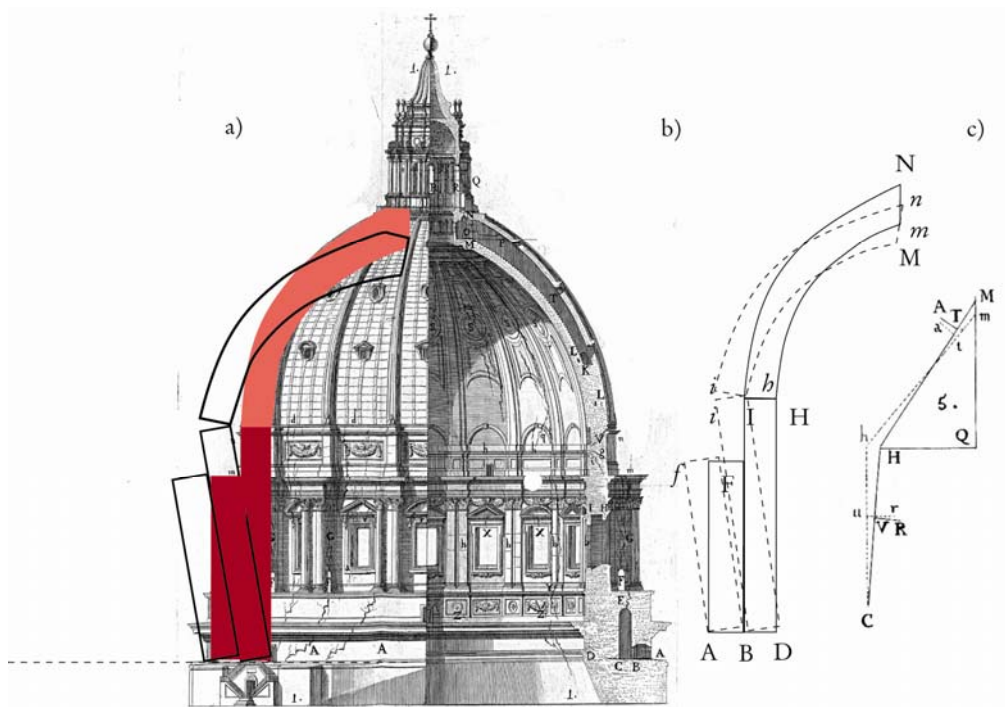
---

<sup>47</sup> G. Poleni, *Memorie*, cit., p. 374, LXII.

<sup>48</sup> *Parere*, pp. XIII, XIV.

stoloni sono privi di fessure con l'esclusione della parte superiore dove appoggiano al tamburo del cupolini<sup>49</sup>.

Il meccanismo di rottura, il "sistema", corrispondente alla descrizione sopra riportata è illustrato nelle Figura 4.2.



**Figura 4.2** a) Cinematismo di rottura della cupola.  
b) e c) Schemi dei tre matematici.

La base del tamburo, fessurata verticalmente in CF (Figura 4.2a), si muove come un unico corpo rigido con i contrafforti del tamburo. Questo complesso è indicato nella Figura 4.2a, che riporta una sezione in corrispondenza dei costoloni e dei contrafforti, con il rettangolo più esterno. Invece il muro del tamburo, la parte interna della base e l'attico si comportano come un altro corpo rigido, identificato dal rettangolo esterno. Il costolone si comporta come un unico corpo rigido portando con sé uno specchio della cupola. Si noti che i tre matematici considerano i sedici costo-

<sup>49</sup> *Parere*, p. xv.

loni che formano la cupola come gli unici elementi strutturali portanti, trascurando la resistenza della rimanente parte della cupola<sup>50</sup>. Nella Figura 4.2b è riportato lo schema disegnato dai tre matematici nella loro Figura 2. Si noti anche che il meccanismo di rottura considerato nel *Parere*, anche se non è detto esplicitamente, è tridimensionale, composto da sedici elementi radiali analoghi a quello della Figura 4.2 collegati dalle catene circolari; ed è principalmente per questo collegamento che non è riducibile a un meccanismo piano.

L'obiezione che nel calcolo degli archi secondo le moderne teorie si deve considerare una rottura che avviene circa a metà tra la chiave e l'imposta i tre matematici rispondono che nel caso in esame loro vedono con i propri occhi dove si verifica la rottura; essa non è presente nei costoloni.

Ma come nel nostro caso abbiamo senza aperture orizzontali i costoloni dalla cima fino all'imposta, ed in cima dalla parte di dentro abbiamo i cerchi, ed il collo della Cupola, che impediscono tanto il ristringersi quanto il dilatarsi, con di più la pressione del Cupolino, che spinge in giù, il nostro caso è alquanto diverso, e richiede una particolare ricerca<sup>51</sup>.

Dopo aver presentato il loro sistema i tre matematici si dilungano a far vedere come esso spieghi tutti i cedimenti riscontrati. L'ultima obiezione che secondo loro gli si potrebbe rivolgere riguarda il fatto che se fosse vero il loro cinematismo allora si sarebbero dovuti rompere i ferri disposti in L, a pochi metri dall'imposta della cupola. A una tale obiezione oppongono tre risposte, di cui riporto le due più significative. «In primo luogo», affermano, «non si può sapere di certo se in qualche parte sia pur seguita la rottura de' medesimi, cerchi<sup>52</sup>, non essendo essi scoperti, fuorché in pochissimi siti [...]. In terzo luogo (e ciò crediamo sia seguito almeno in gran parte) non è cosa nuova, che il ferro si estenda.»

Il loro riferimento è a Newton, di cui Jacquier e Le Seur sono grandi esperti, che nei *Principia* riporta le esperienze di Philippe de La Hire e Jean Picard sulla deformazione di barre di ferro dovuta al caldo e al freddo. Sulla base dei risultati lì riportati, che indicano un allungamento percentuale dello 0,2%, tentano di ricavare un valore realistico degli allungamenti dei cerchioni dovuti alla temperatura. Essendo i

---

<sup>50</sup> Su questo punto sono stati seguiti, in modo palesemente troppo schematico, anche da architetti moderni. Cfr. R. Di Stefano, *La cupola di San Pietro*, cap. III.

<sup>51</sup> *Parere*, cit., p. XXII.

<sup>52</sup> Va segnalato che il cerchio che cinge la cupola interna nel punto in cui essa si separa da quella esterna fu poi trovato rotto in più punti da Luigi Vanvitelli. Vedi G. Poleni, *Memorie*, cit., § LXXI, LXXIV.

cerchi in L lunghi circa 133,9 metri, si sarebbero dovuti allungare poco più di 22 centimetri (un palmo). Dall'analisi del cinematismo e dalla misura della dilatazione in corrispondenza dell'imposta della volta (il punto H nel cinematismo della loro Figura 2) che è risultata di 45 centimetri, si ricava che l'allungamento del cerchio più in basso è di 35 centimetri e per il cerchio più in alto di 26 centimetri «d'onde ne siegue che i medesimi cerchi sono ridotti ad una tensione così violenta, che supera la stessa azione del fuoco, e però stanno in un evidente pericolo di rottura»<sup>53</sup>.

Una volta stabilito il cinematismo di rottura resta da confermarlo individuando le cause meccaniche che lo hanno prodotto. Per i tre matematici le cause si riducono essenzialmente alla spinta eccessiva determinata dal peso della cupola e del cupolino che non è contrastata efficacemente dalle catene e dal peso del tamburo e dei contrafforti. Ciò si può mostrare facendo un bilancio delle forze che spingono e quelle che resistono:

Due sono le forze, che spingono in fuori verso l'imposta *gi* [HI nella Figura 5.2b], cioè il peso del cupolino, e il peso de' costoloni con gli spicchi delle cuole; e due parimente le forze, che resistono a tale spinta, cioè le catene circolari, o cerchi L, e il sostegno ridotto a due distinti, il primo de quali è il tamburo HI, col pezzo interior della base CDF; il secondo i contrafforti *mGF* colla parte esteriore ABE della base medesima.

Il distacco, delle parti quanto fosse difficile, e che resistenza, abbia fatto non è possibile l'esaminarlo a minuto. Dipende esso in gran parte dalla qualità del cemento, e dalla diligenza del lavoro.

Per metter' in conto le forze, e vedere se queste stanno in equilibrio convien' in prima determinare la quantità assoluta delle medesime, e poi quello che da' Meccanici chiamasi il Momento. Per avere la quantità assoluta della forza, con cui agisce da una parte il Cupolino, e la volta della Cupola co' costoloni per spingere, e dall'altra la base, il tamburo, i contrafforti per ritenere la spinta, conviene averne il peso<sup>54</sup>.

Per avere i pesi delle masse murarie i tre matematici fanno determinare il peso specifico dei travertini e delle murature; poi basandosi «sui migliori disegni»<sup>55</sup> de-

<sup>53</sup> Gli allungamenti superano lo 0.2% e sono superiori ai limiti elastici dei moderni acciai.

<sup>54</sup> *Parere*, cit., p. XXIII, XXIV.

<sup>55</sup> Non specificano quali. All'epoca era disponibile solo il testo di Carlo Fontana *Templum Vaticanum et ipsius orig cum aedificiis maxime conspicuis antiquitus*, cit; è possibile comunque che i tre matematici si siano serviti anche di qualche rilievo fatto da Vanvitelli e forse anche da loro stessi.

terminano i volumi e quindi i pesi delle singole parti. I risultati sono riassunti nella seguente tabella, dove è riportata il peso espresso in chiloneuton (kN)<sup>56</sup>.

**Tabella 4.1** Peso dei componenti la cupola in kN  
(approssimati alla terza cifra significativa)

Cupolino	13.800
Cupole con i costoloni	170.000
Tamburo e ordine attico	163.000
Contrafforti	45.000
Base	170.000

Per quanto riguarda i cerchi, invece di determinare la forza che esercitano presentemente, che non è nota, i tre matematici cercano di determinare la forza massima che possono esercitare. Allo scopo riportano le esperienze di Musschenbroek sulla rottura di barre di ferro, con riferimento a un campione cilindrico di ferro del diametro di 2,557 millimetri per il quale viene registrata una forza di rottura di 2035 newton, che corrisponde 396,5 newton per millimetro quadrato<sup>57</sup>. Quindi essendo dei due cerchi di ferro il più alto largo once quattro e grosso tre (22,316 millimetri quadrati), ed il più basso largo quattro, e grosso in qualche luogo once due e mezza solamente (18,59 millimetri quadrati) la forza assoluta (quella di rottura) del ferro, che forma il primo, equivale a 1142 kN, e del secondo 952 kN<sup>58</sup>. Per ottenere la forza totale con cui le catene stringono la cupola i tre matematici tengono in conto la regola che hanno formulato, che corrisponde a moltiplicare per  $2\pi$  i valori precedenti, pervenendo così a 7177 kN e 5981 kN.

Nell'andare a fare il bilancio dei momenti i tre matematici considerano anche un'alternativa al cinematismo di rottura proposto prima. Un primo cinematismo in cui i contrafforti, il tamburo e la base formano un unico blocco. viene escluso subito dopo qualche breve calcolo perché in questa situazione la struttura risulterebbe estremamente stabile e non si spiegherebbero quindi i danni del tamburo. Scartata l'ipotesi che contrafforti e tamburo costituiscano un unico masso, passano a calcolare i momenti per il cinematismo considerato come più attendibile.

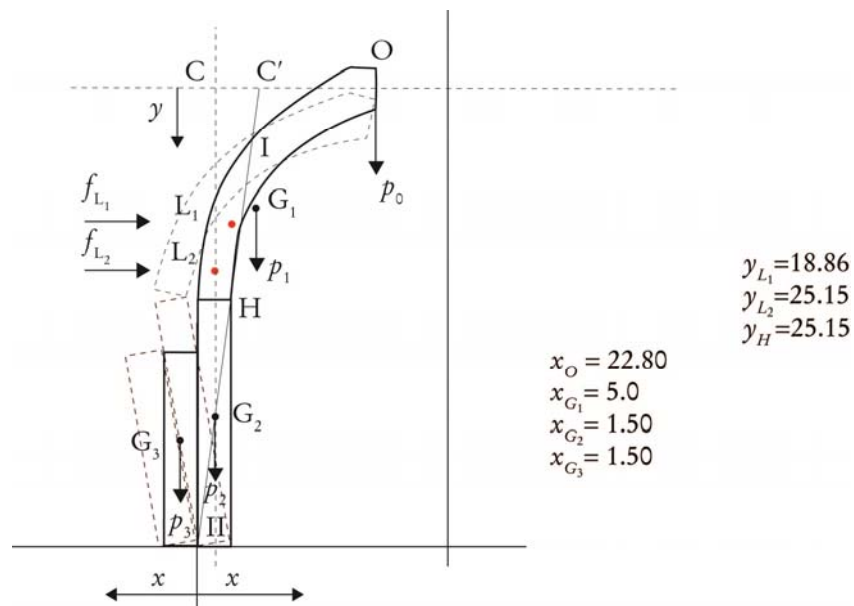
Nel calcolo dei momenti bisogna considerare il prodotto dei pesi per gli sposta-

<sup>56</sup> Nel sistema di misura internazionale (SI) che è l'unico legale nella UE i pesi si misurano in newton (simbolo N), e nei suoi multipli. 1 KN vale 1000 N, e nel vecchio sistema di misura degli ingegneri, ancora largamente usato nella pratica corrente, vale un quintale.

<sup>57</sup> Ovvero 396,5 MPa (1 Pa [pascal] = 1 N/m<sup>2</sup>; 1 MPa=10<sup>6</sup> N/m<sup>2</sup>).

<sup>58</sup> Secondo i miei calcoli dovrebbero venire valori un po' più piccoli, del 10%.

menti virtuali verticali dei loro baricentri e il prodotto delle forze delle catene per lo spostamento orizzontale del punto in cui sono applicate. Lo studio del cinematiso del meccanismo di rottura proposto dai tre matematici mostra che il tamburo e i costoloni subiscono rotazioni infinitesime pressoché uguali, anche se di segno inverso. In questa situazione gli spostamenti orizzontali dei vari punti dei vari corpi sono proporzionali alle ordinate  $y$  e quelli verticali alle ascisse  $x$  del sistema di coordinate della Figura 4.3.



**Figura 4.3** Cinematiso secondo i tre matematici.  
 $G_1$ ,  $G_2$  e  $G_3$ , baricentri delle varie masse murarie.

I momenti delle forze ribaltanti sono quindi forniti dalla relazione:

$$p_O x_O + p_1 x_{G_1}$$

mentre quelli delle forze stabilizzanti dalla relazione:

$$f_{L_1} y_{L_1} + f_{L_2} y_{L_2} + p_2 x_{G_2} + p_3 x_{G_3}$$

Per rendere più leggibile la loro analisi i tre matematici normalizzano gli spostamenti virtuali allo spostamento orizzontale del punto H che è proporzionale a  $y_H$ . I momenti ribaltanti e stabilizzanti sono così forniti da:

$$p_0 x_0/y_H + p_1 x_{G1}/y_H ; \quad f_{L1} y_{L1}/y_H + f_{L2} y_{L2}/y_H + p_2 x_{G2}/y_H + p_3 x_{G3}/y_H$$

Se si adottano le ascisse e ordinate riportate nella Figura 4.3 si ottengono risultati analoghi e quelli riferiti dai tre matematici. Vale la pena ribadire, anche perché ciò non è detto esplicitamente dai tre matematici, che sebbene il loro schema strutturale appaia come piano e l'elemento resistente sembra essere costituito da un solo costolone, in realtà l'analisi riguarda l'intera cupola. I pesi riportati nella tabella 4.1 non sono solo quelli di pertinenza di uno dei sedici costoloni ma sono i valori di tutta la cupola. Così come la forza dei cerchi metallici moltiplicata per  $2\pi$  vale per la cupola intera. La tabella 4.2 riporta i momenti delle varie forze normalizzati allo spostamento orizzontale del punto H, espressi in chilonewton (kN).

**Tabella 4.2** Momenti spingenti e resistenti misurati in kN

Cupolino	10.000
Cupole con i costoloni	21.700
<b>Totale spinte</b>	<b>31.700</b>
Parte smossa del tamburo	4.300
Attico	2.950
Contrafforti	1.950
Parte esterna della base	25.500
Resistenze dei cerchi	9.100
<b>Totale resistenze</b>	<b>20.850</b>

Dall'esame della tabella 4.2 risulta uno sbilanciamento di 10.850 kN delle spinte rispetto alle resistenze.

Questo sbilancio premendo continuamente il Tamburo e i cerchi, ha costretto il primo a piegarsi, ed i secondi a dilatarsi, e distendersi all'estremo, ed avrebbe senza riparo rovesciato quello per terra, e infranti questi, se il contrasto della punta N, che non può entrare in dentro senza ulteriore scompaginamento del Cupolino, nè ritirarsi in fuori senza rompere assai più, e distaccare in OP i muri de' costoloni, non avessero trattenuto il movimento, e la rottura.

[...]

Così rimane a giudizio nostro messa del tutto in chiaro la causa di tutto il male: essa è stata la forza laterale della Cupola, e Cupolino, che anno spinto in fuori il sostegno, ed i cerchi, e l'insufficienza de' cerchi, e del sostegno per impedire la medesima spinta, essendosi renduto il secondo incapace di sostenerla per la divisione occasionata dalla troppa altezza del corridore CEB, per cui è rimasta la volta EF colla sola gros-

sezza di nove palmi, e della troppa sottigliezza de' muri de' contraforti FG grossi non più di tre palmi e un quarto<sup>59</sup>.

La valutazione numerica del meccanismo dei tre matematici tiene conto solo della configurazione geometrica della cupola e della resistenza a rottura dei cerchioni, suscettibili entrambi di valutazione, ma trascura completamente le interazioni di parallelo – ovvero trazioni e compressioni rispettivamente alla base e alla sommità della cupola – per le quali non è possibile ottenere una misura realistica.

Conseguentemente, lo *sbilancio* tra spinte e resistenze ottenuto dai tre matematici non è da intendere come dimostrazione della impossibilità dell'equilibrio della cupola, risultato evidentemente inammissibile, ma come misura della affidabilità del suo assetto geometrico e dei dispositivi con i quali può essere rinforzata (cerchioni metallici), nella implicita ipotesi che contributi resistenti comunque essenziali per garantirne la stabilità nella situazione attuale possano venire meno, per esempio a causa di azioni eccezionali come quelle dei terremoti<sup>60</sup>:

Non cessando però mai lo sbilancio del peso a premere, e distaccare le parti, e *servendosi pure a tale effetto di ogni piccola scossa di Terremoto d'ogni rimbombo di tuono, d'ogni percossa di fulmine*, che da se soli non basterebbero a disestare un edificio, di tanta ampiezza, si può con ragione temere una rovina irreparabile, quando non vi sia provveduto per tempo con un efficace rimedio<sup>61</sup>.

Queste considerazioni dimostrano l'inconsistenza della critica mossa al *Parere* dai tre matematici napoletani. Lo scompenso tra spinte e resistenze derivante dal calcolo non significa che *gli elementi adoperati da' tre Geometri ne' loro calcoli non siano stati giusti*<sup>62</sup> ma, più semplicemente, e come peraltro esplicitamente detto nel *Parere* stesso, che non tutti gli elementi sono stati messi in conto, perché su alcuni di essi non è prudente fare affidamento.

#### 4.2.1 *Commenti all'analisi statica*

---

<sup>59</sup> *Parere*, cit., p. XXX.

<sup>60</sup> È fresca la memoria dei danni occorsi *40 anni addietro dopo i terremoti seguiti sul principio di questo secolo*, ovvero i terremoti abruzzesi del 1703 e del 1706.

<sup>61</sup> *Parere*, cit., pp. XXIII, XXIV.

<sup>62</sup> G. Poleni, *Memorie storiche*, cit., p. 30.



Devo segnalare qualche incongruenza, che può dipendere o da un mio difetto di interpretazione o da un difetto del testo. Dall'esame delle pagine XIV-XXI del *Parere* sembra abbastanza chiaro che i tre matematici individuino la zona di rottura della cupola (la posizione del punto H della Figura 4.2b) in corrispondenza della linea  $hn$ , della loro Figura 1, poco più in basso del piano attico.

Alla fine della pagina XXVIII sembra invece che il distacco venga individuato, molto più in basso, in corrispondenza delle finestre (linea HI dell loro Figura 1):

Indi si concepisca, che seguita piuttosto la divisione  $EFGm$ , abbia dovuto rovesciarsi il masso  $ABm$  attorno al punto A, e la piegatura maggiore orizzontale si sia dovuta fare nel tamburo più debole in più luoghi sopra, e sotto le finestre, e principalmente nel sito delle medesime; la volta poi della Cupola abbia dalla parte interiore dell'imposta, e il tamburo dalla sua parte esteriore fatta una sensibile compressione. In questi due casi si confrontino le forze tutte che spingono in fuori, con quelle, che resistono alla spinta, paragonandole con altrettanti pesi, che applicati lateralmente nel sito dell'imposta sopra  $n$  avrebbero l'energia medesima in ordine, allo spingere, e resistere e ritenere la spinta.

Tale interpretazione sembra avvalorata dalle lettere che compaiono nella loro Figura 2. D'altra parte l'analisi della loro Figura 2, prescindendo dalle lettere, mostra un masso interno CDHI più alto di quello esterno ACF, che dovrebbe rappresentare i contrafforti. È difficile conciliare questo disegno con l'apertura in corrispondenza della linea HI della loro Figura 1.

Nel rifare i calcoli dei tre matematici relativi alla determinazione dei momenti delle singole forze, adottando il cinematismo riportato nella Figura 4.3, ho trovato che per riottenere i loro valori si deve individuare la posizione del punto H poco sotto la fine dell'attico.

Un altro problema interpretativo riguarda quale sia l'effettivo movimento dei costoloni. Nella Figura 4.2b è riportato il cinematismo proposto dai tre matematici. In questo cinematismo chiaramente il punto H si deve innalzare. Essi invece sostengono che tale punto non si abbassi ma si muova orizzontalmente. Spiegando questo fatto con lo schiacciamento della muratura dovuto al grande carico.

Giudichiamo però di non dilungarci molto dal vero, se consideriamo le piegature tutte come raccolte e unite in una sola al fondo delle finestre ivi appunto, dove in  $a$  si vede slamato lo stipite, e tale la compressione tanto esteriore ne' medesimi siti, quanto interiore nell'imposta, che nella

Fig. 5. il punto H della linea CH., non debba elevarsi sopra l'orizzontale QH, ma rimangasi al suo livello<sup>63</sup>.

Propongono pertanto lo schema della loro Figura 5, corrispondente allo schema della mia Figura 4.2c, in cui il punto H si sposta orizzontalmente<sup>64</sup>.

Per quanto riguarda lo spostamento del muro dei contrafforti e del tamburo non vi sono dubbi sul fatto che per i tre matematici essi ruotino entrambi attorno al loro spigolo più esterno. L'angolo di rotazione di questi due corpi, contrafforti e tamburo, data la geometria della cupola è poi sostanzialmente uguale, ma contrario, a quello dei costoloni. In sostanza quindi i tre matematici propongono due meccanismi distinti; uno valido per il costolone, l'altro valido per il tamburo e per i contrafforti. La cosa che di per sé potrebbe anche essere considerata accettabile avrebbe richiesto qualche commento e forse una migliore giustificazione.

#### 4.3 I rimedi

Prima di passare a scegliere i rimedi per il restauro della cupola i tre matematici espongono i criteri generali che devono essere soddisfatti:

Venendo ora a' rimedi premettiamo in primo luogo, che se alcun sene trova efficace a rimuovere ogni pericolo di rovina che lasci alla fabrica e la vaghezza, e i comodi, che gode al presente, questo si deve preferire ad ogni altro. In secondo luogo non conviene tenerli in un semplice equilibrio, ma raddoppiare le resistenze in maniera, che se mai per accidente impensato una parte mancasse sussista l'altra; dal qual principio si ricava, che conviene in tal modo stabilire in se stessa la Cupola,

---

<sup>63</sup> *Parere*, cit., p. XXIX.

<sup>64</sup> Va detto che il fatto che il punto H si alzi o meno influisce sulla posizione del centro istantaneo di rotazione del costolone. Il centro istantaneo di rotazione di un corpo rigido si trova all'intersezione delle perpendicolari agli spostamenti infinitesimi (velocità) di due suoi punti. Per il costolone si prendano in esame gli spostamenti infinitesimi dei punti H e O. Il punto O è vincolato dal cupolino a spostarsi verticalmente. Se si ammette che il punto H si muova solidalmente al corpo rigido tamburo+attico, esso si sposta secondo la perpendicolare alla retta KH, innalzandosi. Il centro istantaneo di rotazione del costolone si trova quindi come intesezione dell'orizzontale da O con la retta HK e corrisponde al punto C' della figura 4.3. Se invece si ammette che il punto H si muova orizzontalmente il centro istantaneo di rotazione del costolone si trova sulla vericale passante per G<sub>2</sub> e corrisponde la punto C della figura 4.3

che non possa più spingere lateralmente il suo sostegno, e riunire in tal modo il sostegno, che da se solo resti capace a fermare ogni spinta<sup>65</sup>.

Dopo una breve discussione concludono che il rimedio migliore e più economico consiste nell'adozione di appositi cerchioni.

Un primo cerchione va messo in corrispondenza dell'imposta della cupola:

Per far che la Cupola non eserciti più alcuno sforzo laterale pensiamo debba essa cingersi verso la sua imposta sopra  $n$ <sup>66</sup> con un cerchio di ferro largo almeno cinque onces, e grosso tre, e tre minuti. Ivi la resistenza d'un cerchio a quel moto orizzontale, che abbiamo detto, si dimostra dover esser maggiore che in alcun altro sito, e questa equivarrebbe ad una forza quasi appunto uguale allo sbilancio de' tre milioni di libbre cioè di 3.174.857<sup>67</sup>.

Un altro cerchione va in sommità, per rinforzare l'anello su cui si imposta la lanterna:

Un altro cerchio stimeremmo opportuno in cima verso N, che stringendo la Cupola esteriore come un' altro stringe l'interiore in M, non permettesse alla medesima di dar in fuori, e lasciar luogo alla discesa<sup>68</sup>.

Un terzo cerchio intorno alla metà della cupola:

Sarebbe un'altro cerchio molto utile in alcun luogo verso il mezzo della Cupola in T sù questo riflesso. Finche in  $n$  hanno avuto i costoloni libertà di sdruciolare in fuori, e cedere al proprio peso, ed a quello del Cupolino, si sono ben distaccati gli uni dagli altri, ma son rimasti senza rottura. Ora che aggravati di peso di sopra, e fermati co' cerchi di sotto, non resistono verso T ad una divisione orizzontale, che colla sola tenacità delle parti, potrebbe accadere, che si rompessero verso un tal sito. Un cerchio di qualche giusta grossezza ivi messo, avrebbe, insieme un uso doppio: toglierebbe un tal pericolo d'apertura, e infime in ordine all'impedire la discesa obliqua de' costoloni equivalerebbe ad una resistenza laterale applicata in  $n$ , che determinata la sua grossezza, ed il si-

---

<sup>65</sup> Ivi, p. XXXI.

<sup>66</sup> Si faccia riferimento alla figura 4.2.

<sup>67</sup> *Parere*, cit., p. XXXI.

<sup>68</sup> Ivi, p. XXXI.

to preciso dove tornasse più comodo il collocarlo, si può facilmente co' sudetti principj ridurre a calcolo<sup>69</sup>.

Infine tre cerchi vanno dedicati al rinforzo della base;

Così la Cupola si fermerebbe in se stessa, compensati con tali rimedj, que' milioni di sbilancio, che abbiám trovati; ma conforme al secondo de' due premissi principj convien'anche pensare a stabilir il sostegno. Questo poteva nell'atto stesso del lavorarsi, rendersi assai più stabile, rendendo unita in un sol masso la base, senza forarla con un corridore sì ampio, e sì elevato, ed ingrossando i muri de' contraforti troppo sottili. [...]

Per riunire il sostegno approviamo piuttosto trè gran cerchioni di ferro, con delle catene, e palettoni. Il primo di questi si deve mettere nel muro interiore CE del Corridore in cima verso la volta, il secondo fuora del corridore nella base esteriore a livello del primo; il terzo sotto il cornicione *m* del tamburo. Le catene sotto ogni contraforte devono unire i due cerchioni della base passando per la grossezza E del muro A-EB. Da queste catene sarebbe bene far salire de' palettoni in sù, finche arrivassero ciascuno ad inserirsi in una catena orizzontale attaccata al cerchio messo sotto il cornicione *m*, anzi sarebbe bene sopra gli archetti F de' contraforti far passare dentro i medesimi un'altra catena, che tenesse più fortemente attaccato il costolone al tamburo. [...]

I cerchi giù della base serviranno principalmente per impedire ogni moto orizzontale, con cui potesse essere spinto in fuora il muro AB, ma faranno una forza molto minore per impedire la leva, ed il giro attorno al punto A, dovendo per tale effetto d'esercitar la quinta parte di quella forza, che eserciterebbero in cima verso l'imposta; onde a tal fine gioverà molto più l'altro messo sotto il cornicione *m* tanto più lontano dall'appoggio A della leva. Fatto il conto della forza di questi cerchi si trova, che in ordine ad impedire un nuovo distacco de' contraforti, e della parte esteriore della, base dal tamburo, e dalla parte interiore della medesima, il cerchio messo fuora del corridore con quello messo sotto il cornicione *m*, quando sieno della stessa larghezza, e grossezza con quello messo sull'imposta della Cupola sopra *n*, fra tutti due faranno lo stesso effetto, che il medesimo solo equivalente a poco più di 3. milioni di libbre. Le catene messe in mezzo de' contraforti, e in cima ad essi, con quelle messe tra' due cerchi di fondo tutte assieme lo faranno anche molto maggiore; onde crediamo, che rimarrà assicurata la stabilità

---

<sup>69</sup> Ivi, pp. XXXI-XXXII.

al sostegno, il quale ridotto tutto ad un corpo ne potrà essere più disunito ne rovesciato<sup>70</sup>.

Assieme alla posa in opera dei cerchioni i tre matematici propongono anche il restauro di quelle opere in muratura che secondo loro hanno una importante funzione statica.

I muri de' contraforti son tutti, e spaccati, e scompaginati, tanto, che in qualche luogo minacciano anche imminente rovina. Vanno essi perciò rifatti, e i palettoni, e le catene, di cui abbiám parlato, potranno con tale occasione collocarsi tra' travertini. Per avere più resistenza ad una nuova divisione potrebbero anche ingrossarsi almeno per un palmo que' muri de' contraforti medesimi sopra gli archetti, che ora non eccedono la grossezza di tre palmi, e un quarto<sup>71</sup>.

Infine suggeriscono un intervento “pesante” che avrebbe modificato in modo sostanziale l'estetica della cupola. Cioè l'esecuzione di uno sperone sopra ogni contrafforte, con l'obiettivo di andare a raccogliere una parte delle spinte della cupola, e con la messa in sede di una statua alla base di ogni contrafforte, che appoggia sul muro esterno del basamento del tamburo, per stabilizzare il tamburo contro il ribaltamento. Una proposta analoga a quella formulata da Vanvitelli nel 1742<sup>72</sup>.

Così stabilita anche la base vi rimane solo un pericolo, che la spinta orizzontale rompa in *mn* l'ordine Attico, come già l'ha cominciato a scomporre. A ciò potrebbe facilmente evitarsi coll'alzare sopra il cornicione de' contraforti in *m* uno sperone ben centinato, che andasse a ripigliare la Cupola più alto in *n*. Potrebbe il medesimo cominciarsi con un zoccolo, che sostenesse una Statua, e servisse insieme di peso, ed ornamento, e tanto più, che in tale guisa verrebbe ad eseguire la mente del Bonarota, in un disegno del quale si vedono in detto sito le Statue. Per entro a tali speroni farebbe bene dirizzare in sù un palettone di ferro, che unisse insieme il cerchio messo in cima al tamburo sotto *m*, e l'altro in fondo alla Cupola sopra *n*, quali palettoni verrebbero a congiungere sempre più col tamburo la Cupola stessa, e in tal maniera si, avrebbe un corpo ben concatenato, e connesso, e così dalla seconda

---

<sup>70</sup> Ivi, p. XXXII-XXXIII.

<sup>71</sup> Ivi, p. XXXIII-XXXIV.

<sup>72</sup> R. Di Stefano, *La cupola di S. Pietro. Storia della costruzione e dei restauri*, cit., 1963.

classe si sceglierebbe un rimedio, che insieme ornasse, e stabilisse la Fabrica<sup>73</sup>.

### 5. *Le Riflessioni*

Le *Riflessioni* possono essere considerate un'appendice del *Parere*. È una risposta scritta dei tre matematici alle obiezioni sollevate da architetti e matematici durante e dopo la Congregazione convocata il 22 gennaio 1743 da Benedetto XIV per discutere sul *Parere*. In larga parte si tratta della risposta alle obiezioni riportate sul già citato opuscolo fatto stampare da Domenico Sante Santini *Risoluzione del dubbio proposto dal padre abate Raviglia*, nel seguito riferito come DUBBIO.

Lo scritto non è ben organizzato da un punto di vista logico in quanto ritorna più volte sugli stessi punti senza tenere conto in modo opportuno di quanto detto in precedenza. Si nota una forte vena polemica nei confronti di Santini che corre lungo tutto il testo; i nostri matematici non si lasciano sfuggire l'occasione per polemizzare con Santini anche se ciò comporta lo spezzettamento del ragionamento.

Si deve dire che, dal loro punto di vista, i tre matematici avevano motivo di essere critici verso Santini indipendentemente dal *Dubbio*. Alla fine del 1742 era stata stampata in Roma una *Lettera sopra i danni della Cuppola di S. Pietro, scritta dal P. Domenico sante Santini sotto nome di Diofania P. A. a Domirio P. A. suo amico, sul fine dell'anno 1742*<sup>74</sup>, nella cui premessa era specificato che veniva stampata per "prevenire" la stampa del *Parere* e porre un'ipoteca sulla priorità delle conclusioni. Questa lettera anticipa in buona parte le conclusioni del *Parere*, sia per ciò che riguarda la diagnosi dei danni, sia per quello che riguarda la cura. Viene infatti detto che i danni sono dovuti a un eccesso della spinta della cupola che ha provocato tra l'altro la separazione delle mura della base del tamburo, e che il rimedio da adottare è l'inserimento cerchioni di ferro interni e esterni collegati tra loro da apposite catene.

#### 5.1. *Discussione durante la congregazione*

I tre matematici classificano le obiezioni e le loro risposte in tre categorie, a) relative alle ambiguità del testo del *Parere*, b) relative al meccanismo di rottura e della causa dei danni, c) relative ai rimedi.

---

<sup>73</sup> Ivi, p. XXXIV.

<sup>74</sup> Devo segnalare che questo testo non è stato citato da nessuno che abbia scritto sul *Parere*. Si parla solo di un manoscritto dal titolo *Lettera in risposta a Domirio P.A. intorno alla novità della cupola vaticana*, a firma di Diofania, pastore arcade, riferita da Giovanni Poleni nelle *Memorie storiche*.

### 5.1.1 Obiezioni relative alle ambiguità del *Parere*

Una prima risposta è per chiarire quali siano i documenti consultati dai tre matematici prima di stendere il *Parere*:

Da noi si rispose, che le cose rappresentate, di cui si fa menzione alla pag. 1., vedevansi dal contesto assai chiaramente, non esser altre che i diversi progetti per il desiderato risarcimento fatti da varj o Professori o Dilettanti d'Architettura, sù quali era stato richiesto il nostro voto. Che il nominargli, ed esprimere il sentimento d'ogn'uno, sarebbe stata così troppo lunga ed inutile, ne vi entrava punto l'esame della buona, o mala fede, dove trattavasi non di relazione de' fatti ma di giudizio sopra i rimedj.<sup>75</sup>

Una seconda risposta è relativa ai danni rilevati direttamente e quelli documentati da altri:

Che in ordine a' danni ciò, che si conteneva, ne' primi 30. numeri si era tutto osservato da noi medesimi per quanto era possibile, ed il contenuto negli ultimi 2. erasi determinato da' Ministri della Fabbrica perciò deputati<sup>76</sup>.

Segue una discussione sugli aspetti formali del *Parere*, che vengono giustificati in quanto compromesso tra l'esigenza di rivolgersi a architetti e quella di rivolgersi a matematici:

Prima di passar oltre non sarà qui cosà fuor di proposito l'aggiungere intorno al modo da noi tenutosi nello stendere la scrittura, che troppo a torto ci accusa chi dice che nelle cose dottrinali, e geometriche ci siamo diffusi più del dovere, mentre queste si sono sì leggermente toccate, anzi presso tutti gli Intendenti avremo certamente incorsa la taccia del tutto opposta di troppo scarsi, e si potrà lamentare più d'uno, che per qualche dimostrazione si sieno appena solamente accennati i principj, da cui dipende, e che per molte altre si sieno taciuti i dati, e taciuti anche gli elementi de' nostri calcoli. Speriamo però d'incontrare anche presso questi compatimento, se rifletteranno al motivo, che esprimersi nell'ordine comunicatoci di esibire il nostro parere, *accìò possano gli Architetti mettere in pratica i rimedj, che verranno giudicati*

---

<sup>75</sup> *Parere*, cit., p. IV.

<sup>76</sup> *Ibidem*.

*piu'neccessarj*, e se sapranno, che molte volte ci fù a voce raccomandato, si adoperasse ogni avvertenza, di poter'essere universalmente intesi, anche da quei che non professano le Mattematiche<sup>77</sup>.

### 5.1.2. Obiezioni relative al meccanismo di rottura e alle cause

Le obiezioni relative al meccanismo di rottura sono essenzialmente quelle di Domenico Sante Santini che le aveva espresse nel sopra citato *Dubbio* relativamente al punto 27 del *Parere*:

I due arconi attorno al pilone della Veronica anno sulla cima in mezzo un leggier pelo, senza però che si discosti una parte dall'altra, o l'una scenda sotto l'altra, e sotto il cornicione tra l'arco de' SS. Simone e Giuda, e il pilone della Veronica scende un pelo, che muore assai prima di giungere all'arco. Detto pelo si vede dalla parte di fuori sopra la volta della Chiesa, nel muro del tamburo inalzato sull'arco stesso, e parimente i peli de' due arconi nella parte superiore de' medesimi si riscontrano, ma tenuissimi.

In particolare Santini esprime il seguente dubbio, atribuito a Revillas:

Io vedo gli Arconi crepati, nè in questa scrittura mi fu assegnata la causa di dette creature. Di più domando, se detti Arconi abbiano connessioni con le rovine, che si vedono nella Cuppola<sup>78</sup>.

sostenendo che i tre matematici non seppero rispondere in modo soddisfacente a esso e che la congregazione si sciolse proprio per l'impossibilità di dare una risposta. Inoltre si lamenta della poca considerazione in cui furono presi i suoi commenti sull'argomento.

I tre matematici rispondono che non è vero che essi non seppero dare una risposta alle obiezioni di Revillas-Santini. Anzi furono così convincenti che Santini stesso in quell'occasione dette loro ragione. Non è poi vero che le obiezioni di Santini non fossero state accolte con il dovuto rispetto. Ciò, affermano, è testimoniato da un articolo della relazione finale sulla riunione del 22 febbraio, sottoscritto da tutti meno che da Bottari e Revillas.

Entrando nel merito dei danneggiamenti menzionati da Revillas e ribaditi da Santini ne contestano alcuni come inesistenti e ne accettano altri, giustificando il motivo per cui erano stati ignorati o non commentati nel *Parere*. In ordine alle dimensio-

---

<sup>77</sup> Ivi, pp. v-vi.

<sup>78</sup> D. Santini, *Dubbio*, cit., pp. III-IV.



ni delle fessure nell'arcone di Simone e Giuda che Santini afferma<sup>79</sup> essere di due once, rispondono:

che avevamo più volte guardato con attenzione quell'Arco in faccia dal Cornicione, tondo con buon canochiale, e fatto guardar da altri, e sempre a tutti era comparso un semplice, pelo, senza discostamento sensibile dell'un mezz'Arco dall'altro, o abbassamento dell'uno sotto l'altro; e vedremo più giù, doppo che si sarà riferita la nuova visita, che la crepatura dell'Arco più considerabile verso il labbro inferiore, tanto ivi, quanto all'architrave era coperta di una stuccatura antica, la quale persisteva intiera senza essersi mossa, il che per la giustificazione del nostro detto, e per il punto di cui si tratta, prova come se l'Arco fosse anco intero. In ordine poi all'esser nuovo, risposemo che certamente non era tale, facendone menzione il Baldinucci<sup>80</sup>.

Per i tre matematici la causa di queste lesioni sarebbe da ricercare in un antico cedimento per consolidazione, o in un terremoto. Tra l'altro, sostengono, tutte le principali cupole di Roma, di cui presentano una lista, ne sono affette. Essi continuano asserendo che le fessurazioni degli arconi non possono essere attribuite a un cedimento dei piloni che non c'è. Allo scopo citano la relazione di un sopralluogo del 3 ottobre 1742 di alcuni architetti, tra cui lo stesso Santini e Vanvitelli.

Se un Pilone si fosse abbassato, o piegato, si farebbero dovuti non solo rompere i due grand'Archi, che vi impostano sopra, ma di più rompersi le altre volte, che parimente vi si impostano, o da lati o di dietro, e le spaccature degli Archi dovrebbero esser tali, che nel primo caso amendue i mezzi Archi attaccati al Pilone scendessero, e nel secondo si discostassero dalle metà compagne, con un'apertura, che andasse in sù crescendo per tutto l'arco e per la Base a proporzione<sup>81</sup>.

Supposta poi l'immobilità dei piloni si può anche essere rassicurati circa la resistenza degli arconi:

Supposta poi l'immobilità de' Piloni, si disse che per un qualche restringimento che faccia l'Arco serrandosi in se stesso, non vi poteva esser pericolo di considerabile, patimento, dovendo fermarsi ogni moto doppo un grado determinato di compressione, se non cedeva

---

<sup>79</sup> Ivi, p. IV.

<sup>80</sup> *Riflessioni*, p. VIII.

<sup>81</sup> *Riflessioni*, p. XII.

l'appoggio, come appariva dall'esempio di tante [XII] altre Cupole di Roma, del che affermandosi essere pienamente persuasi massimamente i Signori Architetti, molti de' quali sene espressero assai chiaramente.

I tre matematici contestano poi l'analisi dei danni di Santini, secondo cui la causa delle lesioni sugli arconi sarebbe da ricercare nell'aumento del carico da essi sopportato a seguito del distacco dei contrafforti dal tamburo. Tale spiegazione non soddisfa i tre matematici per tre motivi: (1) la spaccatura dell'arcone di di Simone e Giuda era preesistente al distacco dei contrafforti e quindi indipendente da esso, (2) il distacco dei contrafforti non poteva provocare una variazione di peso, (3) la spaccatura dell'arco di Simone e Giuda prosegue. Queste obiezioni vengono riprese più avanti nelle *Riflessioni* dove si discute in dettaglio il lavoro di Santini.

#### 5.1.3. Obiezioni relative ai rimedi

I tre matematici asseriscono che più di uno dei presenti alla Congregazione si dichiarò favorevole al riempimento di vani vari, tra cui il corridoio che corre all'interno della base del tamburo. I tre matematici reputarono inutile questo provvedimento perché, per esempio il soffitto del corridoio non dà segni di abbassamento. Alcuni poi si dichiararono favorevoli al rifacimento o al ringrosso dei contrafforti, altri tra cui Barigioni contrari.

Riportano poi la discussione sulla modalità di funzionamento dei cerchioni proposti nel *Parere*; quello che cinge il muro interno della base, quello in corrispondenza della sommità del corridoio che gira intorno alla base del tamburo e quello che cinge il muro esterno del tamburo. Cerchioni i quali sono uniti con catene che passano attraverso fori caricati nel muro esterno della base del tamburo. I matematici sostengono che nel caso del cedimento del tamburo il dilatarsi del cerchione esterno attiva anche il cerchione interno. (naturalmente in questo modo può succedere che il cerchione interno diventi inefficace a sostenere le dilatazioni del muro interno).

#### 5.1.4. Conclusioni della Congregazione

Alla fine della Congregazione furono concordati i seguenti punti:

1. Intorno a' danni si accorda da tutti, che vi siano.
2. Intorno alla necessità de' risarcimenti gli altri sono tutti concordi. Monsignor Bottari si riserva dopo, che avrà veduto in *facie loci* a dire il suo parere.
3. Circa la causa de' danni gli altri si accordano in tutto quello, che è espresso nella Scrittura. Monsignor Bottari si riserva giudicarne dopo averà veduto. Il solo P. Abate Revillas propone che si esamini esattamente, se i peli, che sono ne' due Arconi possano avere qualche connessione co' danni della Cupola.

4. Intorno alli risarcimenti tutto quello, che sta nella Scrittura dall'Attico in sù, concordano tutti includendo il cerchio a pie dell'Attico. Il Signor Barigioni ci ha della difficoltà e si riserva.
5. Intorno al rimanente variando i pareri, daranno il loro Voto in iscritto a Monsignor Segretario quanto più presto sarà possibile.

### 5.2. *Discussioni dopo la congregazione*

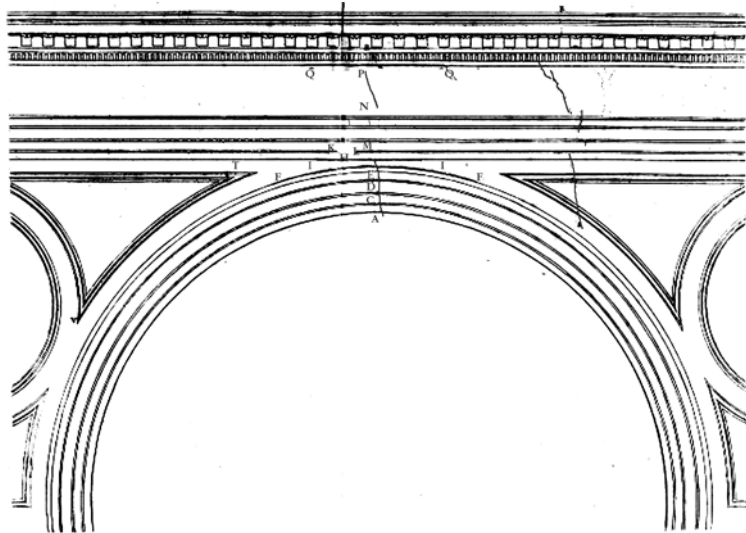
La lista sopra riportata precede la parte delle *Riflessioni* dedicata agli sviluppi seguiti alla Congregazione del 22 febbraio, comprese le visite alla cupola. In pochi giorni fu preparato il primo ponteggio sull'arcone dei santi Simone, e Giuda:

Noi benchè sapessimo, ch'era già terminato, non ci portammo a vederlo prima d'averne il Viglietto della Segretaria della Fabrica. Tardò questo a venire per la sopraggiunta influenza, che aveva incomodato Revillas, per istanza del quale facendosi l'accesso, non si volle far' in tempo, che non potesse intervenire. Intanto Santini portatosi da se, ed osservate da vicino alcune cose, che non si erano da lontano potute distinguere nè da noi nè da lui prima della visita concertata, stese con somma fretta la sua Scrittura, e in essa un'altro sistema de' danni, e rimedj, coll'impugnazione del nostro.

Pochi giorni dopo, cioè il 20 febbraio 1743, a seguito di previ ordini scritti, tutti gli intervenuti alla Congregazione si portarono sul posto con Monsignor Olivieri. Vi andarono due di loro tre, mancando il terzo trattenuto da indisposizione di salute; mancarono pure alcuni altri, e tra essi Revillas.

#### 5.2.1 Sopralluogo degli arconi

Ecco i danni che furono riscontrati in questo sopralluogo nell'arcone di Simone e Giuda, illustrati nella Figura 5.1, alla pagina seguente.



**Figura 5.1** Danni nell'arcone di Simone e Giuda.

1. Da A fino a C la grande apertura fatta pochi giorni prima di onces<sup>82</sup> quattro, slabbrata in fondo in A, con de' mattoni levati, e stucchi distaccati di fresco.
2. Siegue sopra C una spaccatura dell'Arco larga ivi un'oncia grossa. Essa è rinzeppata, e stuccata con una stuccatura antica; la stuccatura si vede scrostata di fresco nella prima superficie, ma insieme si riconosce senza apertura, o distacco.
3. In D i Fusaroli dorati hanno un'apertura di tre minuti; apparisce dalla corrispondenza delle piccole scabrosità, ch'essa non è stata mai ristuccata. Ivi la parte, che guarda il Pilone di S. Andrea è abbassata per due minuti.
4. Da D fino ad E siegue il pelo dell'Arco sempre minore, ristuccato anticamente senza alcuna apertura, o distacco nella medesima stuccatura. In E detto pelo svanisce affatto combaciandosi le parti dell'Arco.
5. Sopra E si vede da ambe le parti un'apertura circolare fino ad F lunga palmi diciotto per parte, alta in mezzo un'oncia che andando verso F sempre scema, e in F termina a niente.

---

<sup>82</sup> Ricordo le unità di misura di lunghezza: 1 oncia = 1.86 centimetri, 1 minuto = 3.72 millimetri.

6. Da E fino ad H una piccola apertura, e da H verso I un'apertura orizzontale lunga verso la Veronica quasi undici palmi, verso S. Andrea palmi otto, alta in mezzo minuti quattro.
7. Da H fino a K nella prima fascia dell'Architrave, che è di travertino, un'apertura verticale, che nell'angolo dell'aggetto della seconda faccia piega verso la Veronica, fino ad L, indi siegue in sù verticale fino ad M. Vi si vede tutta l'intonacatura, e di là, essendo rimasto scoperto il travertino, e in esso l'apertura verticale in H è larga minuti quattro, in L minuti due.
8. In K, e in M è rimasto un filo della stuccatura che cuopre il pelo, il quale filo è intiero.
9. Da M in sù fino al Mosaico in N nella terza falda un pelo coperto da stuccatura intiera affatto. Sieguono più sù due peli.
10. Nel fregio che è di Mosaico da N fino a P, vi sono alcuni peli tenui, e in cima da P verso Q un distacco orizzontale, che nel mezzo è un minuto incirca, e termina in niente: in Q dalla parte della Veronica il pelo viene alquanto in giù. Vi è finalmente un tenue pelo ne' dentelli senza altra apertura negli altri membri del Cornicione.
11. Verso il Pilone della Veronica si vede per tutto il cornicione da R giù per il Mosaico del fregio, e per traverso al triangolo della veletta fino ad S, dove muore senza toccar l'Arco un'apertura. In R la sommità che guarda l'Arco scende due minuti.
12. Verso il Pilone di S. Andrea da T fino ad V, nella cornice triangolare, che riesce nella veletta, si vede una molto sottile apertura, e in cima e in fondo detta cornice è scrostata come pure la punta della cornice del triangolo inferiore.
13. L'Arco non ha alcun altra apertura, o pelo dalla cima fino all'imposta, ne dall'una ne dall'altra parte<sup>83</sup>.

Quel giorno stesso furono ordinati tre ponteggi per un sopralluogo agli altri arconi che fu effettuato dopo qualche tempo dagli stessi due dei tre matematici, essendo il terzo ancora afflitto dal male. In essi furono riscontrati danni assai minori di quelli trovati nell'arco di Simone e Giuda.

Siccome nel *Parere* i tre matematici non avevano fatto menzione di tutti i danni rilevati negli ultimi sopralluoghi ne danno una giustificazione asserendo: (1) che quei danni non potevano vedersi dal cornicione; (2) i ponti non erano stati montati perché non c'erano sospetti di danneggiamento degli arconi. Poi dichiarano che loro sono essenzialmente dei consulenti e che il rilievo dei danni è più lavoro da architetti:

---

<sup>83</sup> *Riflessioni*, pp. XVIII-XIX.

Sù questo punto dobbiamo in oltre fare una altra protesta, ed è, che l'ufficio nostro propriamente non è l'andare riconoscendo, massime alcune sorti di fatti; ma il discorrere sù fatti determinati da quelli, a' quali ciò si appartiene. Ma perche giova molto il vedere alcune cose da se medesimo, per poterne giudicare con fondamento; perciò tutto quello che tolto ogni pericolo della vita, e salvo il decoro del nostro stato, poteva osservarsi, l'abbiamo osservato con attenzione, e dove non giungeva l'occhio nudo, ci siam serviti di Cannocchiali buoni sì, ma piccoli, non servendo per le corte distanze i più [XXI] lunghi. ha alcun altra apertura, o pelo dalla cima fino all'imposta, ne dall'una ne dall'altra parte<sup>84</sup>.

Poi riferiscono delle nuove osservazioni fatte sui contrafforti. i quali risultano pendere in fuori e non essere verticali come era stato presupposto nel Parere.

### 5.2.2 Discussione dettagliata del Dubbio

Dopo l'esposizione dei danni agli arconi i tre matematici passano all'esame della critica di Santini al loro meccanismo di rottura. Critica in parte implicita, quando Santini si limita a spiegare a modo suo i cedimenti, esplicita quando nega che questi cedimenti possano essere spiegati con il sistema dei tre matematici. Santini comincia il *Dubbio* con l'affermazione:

*E questa crepatura oltre all'aver reso dritto lo sferico dell'Arcone per il cedimento, che ha fatto in profondità, ha fatto ancora spostare l'Arcone stesso, essendo calato più di mezz'oncia la parte di detto Arcone verso il Pilon della Veronica*<sup>85</sup>.

Aggiunge:

*che la Cortina de' travertini è restata in aria per il contrasto che fanno i gran massi di travertino, non potendo cedere alla violenza del peso così facilmente*<sup>86</sup>.

e che:

---

<sup>84</sup> *Riflessioni*, p. XXI. Il corsivo è nel testo.

<sup>85</sup> Ivi, p. XXII.

<sup>86</sup> Ivi, p. XXV.

*il detto Arcone oltre la crepatura di mezzo, come si è detto, mostra due altre gran crepature nel terzo dell'imposta nel luogo appunto, dove si mettono le catene*<sup>87</sup>.

Per i tre matematici queste crepature sono quelle segnate colle lettere RS, TV; almeno loro non ne hanno potute vedere altre. Più avanti Santini dice:

*L'Orizental crepatura, che trovasi dentro del Corridore sopra gli Arconi, non è come dicesi effetto della Base de' Contraforti, che abbia piegato in fuori, ma bensì abbassamento degli Arconi*<sup>88</sup>.

e:

*Mi posi in curiosità di osservare da vicino tutti e quattro li detti Arconi, quali ho ritrovati tutti rotti nel mezzo a somiglianza del sopradetto: ma con minore apertura, cioè l'Arcone della Cattedra aperto un'oncia e più, quello de' SS. Processo e Martiniano più di mezz'oncia, e quello della Navata maggiore circa mezz'oncia*<sup>89</sup>.

La prima tra le critiche esplicite contro il sistema dei tre matematici riguarda il modo con cui si sono mossi gli uni di fronte agli altri gli elementi appartenenti ai muri esterno e interno della base del tamburo per cui la parte attaccata al tamburo si vede più bassa, e la parte attaccata alle colonne più alta. Per Santini questo effetto produrrebbe al più l'allontanamento dei contraforti nella parte superiore, ma non mai lo spostamento dei piani delle cornici per due oncie.

I tre matematici possono rispondere in modo semplice a questa obiezione riportando l'esempio di due libri accostati che vengono fatti ruotare spingendoli entrambi da un lato. Ciascun dei due libri ruoterà su un suo spigolo e il libro più interno scorrerà su quello più esterno. Fanno riferimento anche a una figura e sviluppano un ragionamento di cinematica piana, che è interessante in sé in quanto è tra le prime applicazioni di cinematica infinitesima, ma è inutilmente prolisso per lo scopo.

La seconda critica esplicita riguarda l'affermazione del *Parere* a proposito della pendenza verso l'interno dei contraforti e delle colonne poste al loro esterno al momento della costruzione della cupola:

[...] essendoci noi nella nostra prima Scrittura fatta l'objezione de' Contraforti, altri de' quali ci era stato supposto, che stessero a piombo,

---

<sup>87</sup> Ivi, p. XXV.

<sup>88</sup> Ivi, p. XXVII.

<sup>89</sup> Ivi, p. XXVIII.

altri sbilanciassero un tantino indentro, avevamo risposto, che conveniva dire *fossero i medesimi stati da principio lavorati colla pendenza in dentro, come quelli, che dovevano esercitare l'uffizio di speroni*

cui Santini replica:

*se dobbiam credere sieno stati fabricati da prima a perpendicolo, massime perche terminano in due colonne, di cui mostruosa, e contro ogni legge d'Architettura (scienza ben posseduta dal Bonarota) sarebbe stata la situazione a scarpa, come si dice nella Scrittura*<sup>90</sup>.

I tre matematici citano vari passi e trattati per trovare conforto alla loro affermazione e concludono dichiarando di non essere poi completamente digiuni di architettura perché questa è una disciplina che si insegna nei corsi di matematica. Completano affermando che studiare la solidità delle strutture è compito specifico dei matematici. È questa un'affermazione di principio molto importante che esprime un sentimento ormai condiviso non solo dai matematici ma anche da molti architetti. Siamo in un periodo di transizione, che durerà almeno un secolo, dalla progettazione strutturale sviluppata secondo esperienza a quella sviluppata secondo scienza.

Almeno niun equo Giudice ci potrà condannare o per Uomini senza neppure una superficiale tintura d'Architettura, tacciando così indirettamente di troppo imprudente il Principe, che ci commise di scrivere, e temerarj noi, che intrapresemmo lo scrivere sopra una somigliante materia [...].

E giacche amendue queste tacce ci sono state date più volte e a voce e in stampa, preghiamo solo in quanto alla prima, che si rifletta, in tutti i Corsi compiti di Matematica esservi pure anche il trattato di Architettura, da cui, era cosa naturale il credere, che ne avessimo appresa almeno qualche superficiale tintura, giacche in ordine al fatto non stimiamo alcuno sì pienamente consapevole de' nostri privati studj, onde possa con fondamento affermare esserne stati sempre alienissimi; e che la *sodezza principalmente de' grandi Edificj, della quale qui si trattava, dipende tutta da una parte di Meccanica come è la Statica, scienza sì coltivata da' Matematici* [il corsivo e la sottolineatura sono miei]<sup>91</sup>.

---

<sup>90</sup> Ivi, pp. XXXI-XXXII.

<sup>91</sup> *Riflessioni*, pp. XXXV-XXXVI. I corsivi e la sottolineatura sono nel testo.



Comunque tutte le discussioni le giustificazioni per difendere le affermazioni del *Parere* sono inutili in quando le nuove ispezioni hanno poi mostrato che i contraforti pendono in fuori e cade da sola l'obiezione di Santini. E:

Non sappiamo, se quella nuova scoperta sarà favorevole altrettanto all'Autore della Scrittura il quale alla pagina stessa, avanza, che se *cedimento nelli medesimi si ritrovasse, deve al sicuro essere questi non all'infuori, come si è scritto, ma piuttosto all'indentro verso il Tamburo*<sup>92</sup>.

La terza critica esplicita riguarda il movimento dei costoloni descritto nel *Parere*.

Essendo solamente discesi, ma non mai allargatisi nella loro base: effetto che non poteva seguire senza si aprissero nella loro parte interiore per l'allungamento, che doveva fare, la circonferenza interiore delli medesimi quando che da in moto orizzontale solamente fossero stati allargati in giro, qual vuol provare il sistema de' tre Virtuosi<sup>93</sup>.

I tre matematici replicano di non aver mai affermato che i costoloni si siano spostati solo in basso: ma sono scesi assieme in cima e discostatisi in fondo. In questo caso non c'è bisogno di assumere una dilatazione nella superficie interna dei costoloni medesimi.

Un'ultima critica esplicita riguarda il comportamento dei cerchioni, in particolare l'affermazione del *Parere* secondo cui i cerchioni metallici sarebbero fortemente sollecitati:

Da cui si ricava una opposizione, che tira a snervare la pruova della tensione delle catene da noi addotta, ch'è l'essersi mossi i paletti, dicendo egli, che *in tal caso il paletto saria piegato da ambe le parti verso un sol pezzo di catena, ciò che non vedesi, ma sol girato un tantino circa il suo centro*.

Si risponde però facilmente così. Il paletto a motivo dello stretto combaciarsi degli occhi non può piegarsi in mezzo in conto alcuno. Ciò che succede, si è piuttosto, che tirandosi il fianco del paletto dall'occhio di mezzo, e per via di esso, tirandosi amendue gli altri occhi, se questi sono di resistenza del tutto uguale, ne avviene, che cedono ugualmente alla pressione, si fa nella commisura, uno stiramento, per cui l'occhio di mezzo si scosta dal vivo dell'altro pezzo di catena,

---

<sup>92</sup> Ivi, XXXVII.

<sup>93</sup> D. Santini, *Dubbio*, cit., p. XXXVII.

in cui gli altri due si diramano, ed il paletto rimane al sito suo Parimente alla pag. 12. per impugnare la gran tensione del cerchio affermata da noi con argomento preso dagli esperimenti non di Newton, come esso dice, ma del Picart, e del De La Hire, ne porta uno, in cui un filo di ferro rincotto di palmi dieci si stira, prima di rompersi, per mezz'oncia cioè per una ducentesima quarantesima parte di sè medesimo. In primo luogo dobbiamo rendergli somme grazie, che così sciolga sempre più l'obiezione, per sciogliere la quale si erano da noi portati quegli esperimenti, ed era che se la Cupola si fosse allargata si sarebbero rotti i cerchi; mentre tende a mostrare col suo esperimento un tal Pericolo più lontano<sup>94</sup>.

### 5.2.3 Il sistema di Santini

A questo punto i tre matematici passano a esaminare il sistema proposto da Santini. Esso postula un abbassamento del tamburo sopra gli arconi con i piloni che rimangono immobili. Il cedimento degli arconi è dovuto alla fessurazione dei contraforti che, secondo Santini, ha provocato un aumento di carico su una parte degli arconi, le spaccature del tamburo sono invece giustificate dal fatto che i piloni sono fissi e le parti del tamburo vicine a essi non possono seguire la rimanente parte che tende a abbassarsi. Per spiegare le cause che hanno portato allo stato attuale di degrado Santini fa riferimento a un tino appoggiato su quattro pilastri:

Il cedimento adunque del gran Tamburo, [...] e se più volgare vogliam parlare, qual fosse un Tino, che stretto dalli suoi Cerchi, oppur da bovino glutine incollata ciascheduna delle sue doghe di modo che formasse tutta un continuo delle sue parti, e fosse sostenuto nella sua bale da quattro fulcimenti, o sian zoccoli, o piedi, ch'egualmente sostenendo l'Orizzontale ultima superficie di detto Tino, invece di riempir questo di fluidi, si caricasse la di lui superiore circonferenza con un Catino di congruo peso alla perpendico resistenza delle sponde di detto Tino certo è, che questi, con tuttoche insista solamente sù i quattro piedi, sosterrà ugualmente il peso sovra posto, (intanto che detto glutine mantenga unite le parti di dette sponde; ma se queste saran disciolte da un umido, che le risolva, oppure se stretto con Cerchi si allentassero questi, in modo che possa una doga disunirsi dall'altra, certo è; che quelle parti della circonferenza del Tino, che non poseranno su i detti piedi scenderanno al basso, cedendo al peso superiore, che le comprime, e in tal modo, che il cedimento maggiore sarà nel mezzo del vano fraposto tra

---

<sup>94</sup> *Riflessioni*, pp. XXXVIII, XXXIX.

ognun de' due piedi [...]. Il Cerchio è il Tamburro, il glutine è la Calce, che tiene unite le parti eterogenee, che lo compongono, i quattro Zoccoli sono Piloni, che lo sostengano, il Catino, che li sovrasta, e la gran Cuppola, di cui si parla, i vani da un piede all' altro, sono gli Arconi che s' interpongono tra li Piloni; il glutine già disciolto sono le stesse calci che sfibrate, e dal caldo, e dl freddo, e da i nitri, che vi s'intrudono, e da qualche scossa di Terremoto che l'hà cimentate ad una fatica maggiore della loro attività, e dall' eccessivo peso, che li sovrasta, si son disciolte [...]<sup>95</sup>.

Veniamo ora ad esaminare il suo sistema, e quelle pruove, che per esso adduce, e colle quali indirettamente impugna il nostro. Quantunque egli alla pag. 6. non dia a questo nostro sistema altro titolo, che d'*inadeguato*, pure nel secondo di tutta la sua Scrittura pare, che lo voglia distrutto affatto, e tutti i danni della Cupola gli derivi dall' essersi il Tamburo abbassato, col rimanere i Contraforti senza un minimo abbassamento o altra piegatura, toltane in alcun luogo quella in dentro, come per accompagnare il moto del Tamburo, e dall' essersi abbassato sopra gli Arconi, che gli hanno ceduto, sotto, e non sopra i Piloni rimasti immobili, che sono i due punti essenziali del suo sistema espresso nella nominata Scrittura<sup>96</sup>.

I tre matematici continuano la loro analisi del "sistema" di Santini. Ripetono che dalla prima causa Santini deriva la divisione dei contrafforti, e loro base dal Tamburo; e dalla seconda, le spaccature del Tamburo e della Cupola, che sopra i Piloni sono maggiori che altrove. Le spaccature oblique del muro esterno della base sono un accompagnamento degli archi abbassati, e del distacco dai Piloni. Tutti gli altri danni sono derivati da questi. Santini attribuisce la causa di tutto il male alle piogge, ai nitrati, ai terremoti, al peso eccessivo.

La prima parte del suo sistema, che consiste nell' essersi abbassato il Tamburo senza abbassarsi nè piegarsi in fora i Contraforti l' espone alla pag. 5. così. *Abbassamento dell' Arcone inferiore, gravato dall' eccessivo peso del muro interiore del Tamburo, che essendo calato di molto, non è stato accompagnato dalla muraglia esteriore, perche di poca altezza, e gravato dal solo peso de' Contraforti senza che i Contraforti sudetti nella loro parte esteriore, e per tutto quella, che posano sopra il loro esterior basamento abbian ceduto in profondità o strapiombato pur' un*

---

<sup>95</sup> D. Santini, *Dubbio*, cit., p. IX.

<sup>96</sup> *Riflessioni*, pp. XXXIV, XL.

*tantino; ma solo nella parte inferiore, cioè, dove sono appoggiati al Tamburo, abbia la parte seguito il moto di detto Tamburo*<sup>97</sup>.

Da ciò segue: Primo *L'orizzontal crepatura, che trovasi dentro del Corridore sopra gli Arconi. Secondo la vertical crepatura della volta del Corridore.* Terzo alla pag. 6. le crepature del muro de' Contraforti. sopra gli Archetti. Apporta per pruova infallibile di quella parte alla pag. 5. gli ordini del Cornicione, che nella parte attaccata al Tamburo si vedono più bassi, e alla pag. 6. la pendenza delle spaccature de' muri de' Contraforti che vengono in giù piegando dal Tamburo verso le Colonne<sup>98</sup>.

Al sistema di Santini replicano: intanto non si può più dire, che i contrafforti non si sono mossi, e che non si sono piegati in fuori, perché secondo le nuove ispezioni ha lui stesso riconosciuta la loro pendenza in fuori. Ma supposto anche il fatto come si supponeva prima, le due prove addotte da lui per quella parte del suo sistema certamente non hanno alcuna forza, giacché si è dimostrato di sopra che, tanto l'abbassamento degli ordini delle cornici dalla parte del Tamburo, quanto quel piegare della spaccatura de' muri de' Contraforti, dovevano verificarsi così anche nel nostro sistema, nel girare de' contrafforti attorno all'angolo esteriore.

In secondo luogo, il suo sistema, non spiega bene quei fenomeni che pretendeva spegrae, anzi gli è contrario. La spaccatura orizzontale del pavimento è tale, che il muro esterno ne è distaccato in modo sensibile. L'apertura della volta del corridoio non è una semplice fessura, ma una apertura considerevole, con discostamento di una parte dall'altra. Nei contrafforti le spaccature sono tali, che in più posti le parti che sono unite alle colonne si vedono distaccate dalle parti unite al tamburo, e in due archetti si vede bene venire in fuori la parte attaccata alle colonne, e rimanere più in dentro l'altra, attaccata al tamburo.

Secondo i tre matematici vi sono due ragioni che provano con molta forza, che i danni degli arconi non hanno connessione con i danni della Cupola, e comunque se mai l'avessero non sarebbe come afferma Santini.

Per prima cosa notano che il muro interno della base, che appoggia immediatamente sopra gli arconi, e sopra il quale appoggia il tamburo, in corrispondenza dell'arcone dei santi Simone, e Giuda, ha un'unica fessura, che è la continuazione della grande spaccatura della cupola. Sopra tutti gli altri tre arconi il medesimo muro è integro, senza una minima fessura verticale. Se i danni del tamburo derivassero dal patimento degli arconi, e della cupola, occorre che il primo a soffrire fosse questo masso, che sta di mezzo, e sostiene il tamburo. Se questo è integro, i danni degli ar-

---

<sup>97</sup> Ivi, p. XL-XLI.

<sup>98</sup> Ivi, p. XLI.

coni sotto, non possono avere influito sul tamburo, che sta sopra: e all'opposto, se questo muro non subisce danni, le aperture della cupola, e del tamburo non possono cagionare i danni degli arconi. Insomma vi sono ora i danni di tre arconi, con i danni della cupola e del tamburo sopra i medesimi, ma non vi è alcuna comunicazione fra essi, essendovi di mezzo un masso molto alto integro.

Per seconda cosa notano che i danni della cupola sono andati sempre crescendo nel tempo, mentre l'arcone dei santi Simone e Giuda, che è il più patito di tutti, certamente non si è più mosso. Dunque quelli non provengono da questo.

A queste due ragioni si aggiunge l'esempio di tante cupole<sup>99</sup>, che sempre più sgombra ogni timore, vedendo così frequente, ordinario, naturale il patimento degli archi senza danno considerabile delle cupole. Se le rotture degli arconi fossero sicuramente, o fatte, o accresciute di nuovo, e le aperture del tamburo scendessero tutte fino al fondo della base, varrebbe una spiegazione assai simile a quella di Santini, senza punto distruggere l'essenza del sistema del *Parere*.

Secondo i tre matematici le lesioni degli arconi hanno origine lontana, fin ai tempi di Bramante che desideroso di terminare presto la Fabbrica avrebbe fatto tirare su con grande fretta e senza tener conto in modo opportuno della loro resistenza i quattro arconi. Allo scopo riportano la testimonianza di Sebastiano Serlio:

Supposte queste notizie, è molto probabile, che fin d'allora gli Archi crepassero nella lor cima, essendo questo un de' primi effetti, che si sogliano veder in essi, quando patiscono, e che le medesime spaccature fossero rinzeppate, quando il Sangallo fece tanti lavori attorno a questa mole<sup>100</sup>.

I tre matematici avanzano poi l'ipotesi confermata da Giovanni Poleni<sup>101</sup> che si era servito dei rilievi di Vanvitelli, che gli arconi che si vedevano non erano gli unici esistenti, e che Michelangelo ne aveva aggiunti altri tre per irrobustire il sipporto del tamburo.

Noi dopo di avervi seriamente pensato, ci siamo fermati in un'opinione, che crediamo assai fondata, e che darà del gran lume, in ordine a tutto il sistema del patimento degli Archi. Crediamo, dunque, che l'Arco non sia grosso tanto sol quanto mostra, cioè, nella fig. 1. da A fino a C, soli otto, o sette palmi, ma che vadano in sù altri strati di Archi l'uno sopra l'altro. Tre ragioni ce lo persuadono. La prima, perchè non è mai credibile, che siasi raccomandato tutto l'enorme peso della vastissima mole

<sup>99</sup> Si veda l'elenco riportato alla p. IX delle *Riflessioni*.

<sup>100</sup> *Riflessioni*, p. XLVII.

<sup>101</sup> G. Poleni, *Memorie storiche*, cit.

ad Archi così sottili, tanto più, che hanno un vano sì grande, e non sono, nè potevano essere di sesto acuto. La seconda, perchè si vede il pavimento del Corridore rialzato, dove corrisponde sugli Arconi fino a pochi palmi sotto la cima del Cornicione [...]. La terza, perchè nel muro interiore della base, sù cui immediatamente si appoggia il Tamburo, e quale di dentro alla Chiesa e una parte di quello, continuano altri Archi voltati da Pilone a Pilone, de' quali se ne riconoscono due l'uno sopra l'altro, nel sito delle scalette curve, che riescono dentro il sodo di questo muro, e portano alle scale a lumaca [...]<sup>102</sup>.

Ventilano anche la possibilità che quello che sembra un arco sia semplice un sotarco, fatto dopo Bramante da Antonio Sangallo. Il motivo di questo sospetto è il modo con cui parla il Vasari delle operazioni di Sangallo:

Dice che ingrossò i pilastri della Chiesa di S. Pietro, acciòchè il peso di quella Tribuna posasse gagliardamente, indi aggiunge, e tutti i fondamenti sparsi empì di soda materia. Con questo modo di parlare pare, che insinui, che l'ingrossar i Piloni, non sia stato solo sotterra, dove sono i fondamenti ma anche più in sù dentro la Chiesa. In tal caso, vedendosi ora gli Archi appoggiare sul lembo de' Piloni presenti, senza rientrar in dentro, converrebbe dire, o ch'essi prima appoggiassero in falso, cosa che non può supporsi in conto alcuno, o ch'egli coll'ingrossare i Piloni abbia anche aggiunti i sottarchi. Allora riuscirebbe anche più probabile il patire del nuovo strato in compagnia della volta della navata, cui confina, o solo, o molto più degli antichi strati, e in tal caso, le inzeppature farebbero stare fatte forse dal Bonarota dopo il Sangallo. Ma come di tale aggiunta non abbiamo trovata memoria e vi è forse qualche congettura in contrario, così questo nostro pensiero lo proponiamo per un semplice sospetto<sup>103</sup>.

I tre matematici portano ancora argomenti a favore del loro sistema e della causa prima da essi individuata, l'eccessiva spinta della cupola. Dopo una generica discussione sulle conoscenze teoriche che danno ragione di tale spinta passano a ribadire alcune scelte importanti che avevano fatto nel *Parere*. In particolare fanno notare che sebbene nelle teorie correnti, in particolare in quella di La Hire, si ipotizzasse la rottura degli archi a metà tra l'imposta e la chiave, loro si sono trovati di fronte a una situazione in cui il meccanismo di rottura era già dato:

---

<sup>102</sup> *Riflessioni*, p. LI.

<sup>103</sup> *Ivi*, p. LII, LIII.

Ne ci si opponga, che doveva piuttosto in altri siti farsi il distacco come sarebbe, o ad un terzo di Cupola, piuttosto, che nell'imposta, e o in fondo all'Ordine Attico, o in fondo al Tamburo piuttosto, che verso il mezzo di questo in varie altezze. Dove sieno le aperture, l'abbiamo ricavato dal Fatto, il quale ci mostra insieme, che atteso tutto il complesso delle circostanze, ivi necessariamente doveva essere il sito più debole, dove sono seguite. Ma riflettendovi bene vi si scorge pur anche la sua ragione. I Muri de' Costoloni più grossi nelle maggiori altezze per il maggiore discostamento della cupola interiore dall'esteriore, e lavorati con più diligenza saranno stati la causa che il dar in fuori si sia, fatto piuttosto verso l'imposta. L'Ordine Attico è tanto basso, che i Costoloni per dargli la leva, e rovesciarlo, lasciando immobile il Tamburo, avrebbero dovuto o inalzarsi troppo, o troppo più comprimere la stessa imposta, che per rovesciare il Tamburo insieme con esso: e il Tamburo meno resisteva nel sito dei tanti vani delle finestre ad essere Piegato in fuori, che nel più pieno, e più duro Masso della sua base: così la rottura richiesta per la discesa de' Costoloni è seguita piuttosto negli spicchi, perché più sottili; ed il distacco de' Contraforti s'è fatto nel meno grosso, e dove forse le svenature de' travertini l'avranno agevolato<sup>104</sup>.

### 5.2.3 Rimedi

Nel *Parere* erano già stati riferiti i rimedi per prevenire la rottura della cupola. Nelle *Riflessioni* essi vengono ribaditi e contrapposti a quelli suggeriti da Santini e dagli altri esperti intervenuti nella Congregazione del 22 febbraio. I tre matematici cominciano con l'asserire che l'inserimento dei cerchioni è un rimedio condiviso da tutti e quindi senza dubbio applicabile.

In primo luogo il cerchiare in più siti la cupola e il Tamburo par necessario in qualunque supposizione, e non può nuocere. E troppo evidente lo scioglimento di tutte le membra di questo corpo aperto in ogni parte con aperture che corrono dall'alto verso il basso: onde conviene riunirlo, e stringerlo in, se stesso. E troppo patente il moto in fuori indicato, oltre a tanti altri segni, dalle spaccature verticali distribuite in giro per tutto attorno, che crescono tanto nel salire per il Tamburo, quando nello scendere per la cupola, ed è provato sì chiaramente dallo strapiombare in fuori sì dei Tamburo sì de' Contraforti. A questa dilatazione si oppongono que' medesimi cerchi che servono per riunire insieme le parti. In oltre questo è un rimedio con troppa pienezza di voti abbracciato

---

<sup>104</sup> Ivi, p. LVII-LVIII.

nella congregazione da tutti, toltone un solo, che non fu contrario, ma per non avere ancora osservate le cose sulla faccia del luogo sospese, e su questo, e su gli altri punti il suo voto; giacche il Sig. Barigioni, che non convenne cogli altri nel quarto Articolo, in cui furono prescritti vari cerchj, ne approvò più d'uno, in quelle parole, del voto ivi letto, che abbiám riferite di sopra. Attese le quali cose, e avendo riguardo alla continuazione del movimento, di quella Mole, ci pare che non si debba differirne l'esecuzione<sup>105</sup>.

Ribadiscono che il riempimento di alcun vani sarebbe di poco o nessun vantaggio, e secondo alcuni può riuscire col nuovo maggior peso di pregiudizio, pare che tanto più debba escludersi. Poi i contrafforti pare indubitabile, che vadano riuniti al tamburo, e alla base interna perché con essi formino un tutto da non potersi più dividere. Ribadiscono la loro funzione statica e affermano che sbaglia certamente, chi stima essersi i contrafforti applicati da Michelangelo più per ornato, che per forza, e che senza di essi ugualmente bene si sosterrrebbe la vasta mole. Fanno riferimento poi alle modalità di costruzione delle cupole, dichiarando che secondo loro il tamburo della cupola di San Pietro è più sottile del dovuto e i contrafforti sono necessari:

Se si considerino le altre cupole prive de' contrafforti, benche di sesto, più acuto, si troveranno esse sostenute da mura a proporzione assai più grosse, e meno indebolite da' Finestroni, e da' vani. Anche senza ricorrere allo sbilancio de' nostri calcoli, a quella che ha quali ducento palmi di vano, ogn'uno si accorgerà che quattordici soli palmi di grossezza di muro, che sono tanto meno della decima parte, farebbero troppo eccessivamente pochi; quando anche non fossero indeboliti per più di un terzo da' sedici Finestroni, e da' quattro vani delle Scale a lumaca. Gli rinfiancò il Bonarota co' Contrafforti, e questi in ogni conto van conservati strettamente uniti al Tamburo, si per non fidarsi de' soli cerchi a rattenere la forza laterale, si per ovviare anche al patimento in se medesimo di Tamburo si debole<sup>106</sup>.

Secondo i tre matematici poi conviene ricostruire le parti dei contrafforti che sono scompagnate piuttosto che limitarsi a cingerli con catene, come suggerisce Santini. In questo modo si evita anche di fare troppi fori nel tamburo per far passare le catene. Dopo queste considerazioni vengono al confronto tra il loro progetto e quello di Santini. Nell'eseguire tale confronto fanno riferimento sia agli aspetti strutturali sia a quelli estetici. Suggestiscono anche di monitorare il movimento degli archi inserendo

---

<sup>105</sup> Ivi, p. LIX.

<sup>106</sup> *Riflessioni*, p. LX.



dei pezzi di marmo a coda di rondine. Ciò dopo che si siano inseriti i cerchi e terminati tutti i lavori di restauro.

Le *Riflessioni* terminano con espressioni di rito in cui dichiarano la loro modesta saggezza, direi con qualche ipocrisia visto che poco sopra avevano aspramente criticato Santini.

#### 6. Bibliografia secondaria

1. A. Becchi, F. Foce, *Degli archi e delle volte. Arte del costruire tra meccanica e stereotomia*, Marsilio, Venezia 2002.
2. L. Bussi, M. Carusi (a cura di) *Nuove ricerche sulla gran cupola del Tempio Vaticano*, direttore scientifico P. Rocchi, Preprogetti, Roma 2009.
3. E. Benvenuto, *An introduction to the history of structural mechanics*, vol. 2, Springer, New York 1991.
4. C. Baggio, *La cupola vaticana. Un'analisi al computer seguendo Castigliano*, «Studi e ricerche sulla sicurezza sismica dei monumenti, Dipartimento di ingegneria strutturale e geotecnica», 9, Roma 1990.
5. C. Baggio, E. Da Gai, *Tra diffidenza e innovazione: la meccanica in architettura*, in *Storia dell'Architettura Italiana. Il Settecento*, a cura di G. Curcio, E. Kieven, Electa 2000, Milano pp. 70-91.
6. M. Brusatin, *La cupola di S. Pietro che crolla per un'indagine-intervento al XVIII secolo: Giovanni Poleni e Luigi Vanvitelli*, «Controspazio», 3, 1971, pp. 20-32.
7. A. Cavallari-Murat, *Collaborazione Poleni-Vanvitelli per la cupola vaticana (1743-1748)*, in: «Luigi Vanvitelli e il settecento europeo. Congresso internazionale», Napoli-Caserta 1973, pp. 171-210.
8. M. Como, *Un antico restauro statico della cupola di San Pietro a Roma*, in: «Lo specchio del cielo. Forme, significati, tecniche e funzioni della cupola dal Pantheon al Novecento», C. Conforti (a cura di), Electa 2000, Milano 1997, pp. 244-59.
9. \_\_\_\_\_, *Sulla definizione dei modelli resistenti per le strutture murarie: insegnamenti dal recente crollo nella Cattedrale di Noto e da tanti dissesti verificatisi nel passato*, «Atti del III Convegno Nazionale di Manutenzione e recupero nella città storica», Fratelli Palombi Editori Roma 1999, pp. 285-292
10. \_\_\_\_\_, *Sulla storia del restauro statico della cupola di S. Pietro in Roma eseguito da Poleni e Vanvitelli*, in «Atti del II Convegno Nazionale di Storia dell'Ingegneria», Napoli 2008, pp. 981-990.
11. S. Di Pasquale, *Giovanni Poleni tra dubbi e certezze nell'analisi della cupola vaticana*, «Palladio», 14, 1994, pp. 273-278.
12. \_\_\_\_\_, *On the Art of Building before Galilei*, in «Entre mécanique et architecture», a cura di P. Radelet-de Grave, E Benvenuto, Birkhäuser, Basel, 1995, pp. 102-21.
13. \_\_\_\_\_, *L'arte dei costruire. Tra conoscenza e scienza*, Marsilio, Venezia 1996.

14. \_\_\_\_\_, *La cupola, le fratture, le polemiche*, in: «L'architettura della Basilica di San Pietro. Storia e costruzione, Atti del Convegno Nazionale di Studi», Roma 1995, pp. 381, 388.
15. R. Di Stefano, *La cupola di S. Pietro. Storia della costruzione e dei restauri*, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli 1963
16. \_\_\_\_\_, *La cupola di S. Pietro. Storia della costruzione e dei restauri*, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli 1980. 2° edizione.
17. P. Duborg Glatigny, M. Le Blanc, *Architecture et expertise mathématique*, «MEFRIM», 117, 2005, pp. 189-218.
18. G. Guerra, *Riesame degli studi del Poleni per il restauro della Cupola di S. Pietro*, «Atti della Accademia Pontaniana», 40, 1991, pp. 43-53
19. J. Heyman, *Poleni's Problem*, «Proc. of the Institution Civil Engineers», 84, 1988, pp. 737-759.
20. G. Lopez, *Poleni's Manuscripts about the Dome of Saint Peter's*, «Proceedings of the Sec. Int. Congr. Construction History», Short Run Press, Exeter 2006, pp. 1957-1979.
21. R. J. Mainstone, *The dome of St. Peter's: structural aspects of its design and construction, and inquiries into its stability*, «AA files», 39, 1999, pp. 21-39.
22. A. Mannucci, *Il papa che non voleva essere ricordato per il crollo della cupola di S. Pietro*, «Castelli Romani», 32, 1987, pp. 41-48.
23. O. Niglio, *Dall'ingegneria empirica verso l'ingegneria della scienza. La perizia dei tre matematici per la cupola di San Pietro*, «Seminario per il dottorato in Ingegneria delle Strutture», 29 maggio 2007, Pisa.
24. H. Schlimme, *Construction knowledge in comparison: Architects, mathematicians and natural philosophers discuss the damage to St. Peter's dome in 1743*, «Proceedings of the 2nd International Congress on Construction History», Cambridge 2006, pp. 2853-2867.

## 7. Appendici

### 7.1 Biografie di François Jacquier e Thomas Le Seur

#### 7.1.1 François Jacquier<sup>107</sup>

François Jacquier (Vitry-le-François, 1711; Roma, 1788). Originario della provincia della Champagne, il padre Jacquier si trovava a Roma fin dai primi anni Trenta, inviato dai superiori della sua provincia al Collegio di Trinità dei Monti per prose-

---

<sup>107</sup> Questa notizia della vita di François Jacquier è tratta da F. Favino, *Minimi in «Sapienza»: François Jacquier, Thomas Le Seur e il rinnovamento dell'insegnamento scientifico allo Studium Urbis*, «MEFRIM», 117/1, 2005.

guirvi gli studi. Versato nell'ebraico e nel greco, studioso della teologia e delle Sacre Scritture, egli aveva mostrato soprattutto un eccezionale e precoce talento nelle materie scientifiche, nelle quali dal 1734 aveva avuto come maestro il confratello Thomas Le Seur. Fin da giovane, la fama della sua perizia gli aveva procurato incarichi come consulente in questioni di ordine tecnico, per esempio quella richiestagli nel 1734 dal cardinal Albani sugli interventi di idraulica in corso a Ravenna. La pubblicazione con Le Seur del commentario ai Principia di Newton, edita a Ginevra tra il 1739 e il 1742, lo aveva imposto con il suo maestro a pieno titolo nella comunità scientifica internazionale. Nel 1742 proprio Benedetto XIV lo aveva voluto tra i membri dell'Istituto delle scienze di Bologna, nel 1743 era stato iscritto come socio corrispondente all'Accademia delle scienze di Parigi. Malgrado ciò, e certo a causa dell'istituzionalizzazione ancora assai scarsa della figura dello scienziato, nel 1746 la sua principale occupazione era rappresentata ancora dall'insegnamento della Sacra Scrittura presso il Collegio Urbano di Propaganda Fide (incarico che aveva dal 1735) e dalla lettura di Storia ecclesiastica e Sacre Scritture ai religiosi suoi connazionali alla Santissima Trinità del Monte Pincio (dal 1741).

Nel 1745, finalmente, Jacquier riceveva da parte di Vittorio Amedeo II l'offerta di andare a ricoprire a Torino la cattedra di Fisica sperimentale presso la Facoltà delle Arti, di recente istituzione. La chiamata di Jacquier rappresentava per il Regno di Sardegna una scelta di continuità, giacché su quella cattedra fin dal 1720 – anno della riforma vittoriana dell'ateneo sabaudo – si avvicendavano padri Minimi provenienti da Roma.

Proprio quando si profilava per Jacquier un'occupazione consona ai suoi interessi, a Roma l'approssimarsi dell'avvicendamento alla carica di rettore – previsto per l'agosto 1746 – apriva la strada alla realizzazione di un nuovo assetto istituzionale per la Sapienza. Assetto che avrebbe creato finalmente anche per l'Archiginnasio romano la possibilità di assicurarsi un nome di richiamo che non solo proiettasse la Sapienza all'avanguardia della cultura scientifica nazionale ma anche agisse da volano per la riqualificazione di tutti gli aspetti dell'insegnamento.

Per evitare, che potesse cedere alla concorrenza piemontese a Jacquier fu offerta una pensione in grado di sostenerlo in attesa del maturare degli eventi. Così egli venne a Roma nel 1746, mentre a Torino in sua vece andò lo scoliopio Giambattista Beccaria, che fu maestro di Lagrange.

L'introduzione della cattedra di fisica sperimentale alla Sapienza era anche la risposta ad una concreta esigenza che maturava da decenni tra i docenti e gli studenti della cattedra di matematica in relazione all'evoluzione stessa della disciplina. Nonostante la stringatezza e l'anacronismo delle norme, infatti, anche a Roma l'adeguamento strisciante della didattica accademica alla ricchezza e ai contenuti della ricerca scientifica che avanzava fuori delle istituzioni tradizionali, era stato più agevole nelle cattedre matematiche che in quelle filosofiche. A prescindere dalla penetrazione tempestiva, tra gli argomenti occasionalmente trattati *ex cathedra*, della geo-

metria analitica già negli anni Cinquanta del Seicento e della geometria degli indivisibili e a cavallo del secolo, già dalla metà del XVII secolo, certo anche a causa dell'ineguale stato della documentazione conservata, avviene una vera "esplosione" in quell'ampia gamma di materie che andavano, in età moderna, sotto il nome di matematica.

Già ai primi di agosto del 1747, Jacquier poté avere un primo corredo per le sue lezioni nel Teatro Anatomico. Accanto a strumenti di osservazione come telescopi e microscopi, a dispositivi per compiere esperienze di meccanica del tutto simili a quelli fabbricati da Giovanni Poleni per il suo teatro (ad esempio una macchina di rotazione per esperienze con la forza centrifuga; un kit per la misurazione delle forze vive); una copia della macchina di Poleni per misurare in modo più esatto la velocità di caduta dei gravi, un set di prismi intelaiati di fabbricazione inglese e italiana per replicare gli esperimenti newtoniani sulla dispersione della luce, la Sapienza ereditava da Leprotti anche alcuni dei nuovi strumenti che permettevano di interagire con il mondo naturale o di riprodurre i fenomeni una pompa pneumatica fabbricata da Jan van Musschenbroek in Olanda e una vecchia macchina elettrostatica che verrà presto sostituita.

Si trattava di un armamentario essenziale, che andrebbe confrontato con la ricca collezione di nuovi strumenti di cui Benedetto XIV aveva autorizzato personalmente l'acquisto per le camere di Fisica dell'Istituto delle scienze di Bologna nell'ambito del progetto di rilancio della produttività e del prestigio dell'Istituto, anche per misurare quella politica lambertiniana volta quasi a definire una complementarità tra Roma e Bologna che è anche una gerarchia dei saperi - a tutto vantaggio della seconda. Questo armamentario fu comunque sufficiente a richiamare numerosi gli studenti alle pubbliche lezioni di fisica, e a far sì che le dimostrazioni bisettimanali di Jacquier nel Teatro Anatomico divenissero immediatamente un'attrazione per il pubblico di curiosi affascinati, come dovunque, dagli aspetti spettacolari degli esperimenti magnetici, elettrici e pneumatici.

Forte di questi successi e della rinnovata disciplina instauratasi alla Sapienza, con il chirografo del 14 ottobre 1748 Benedetto XIV ratificava finalmente le novità già introdotte e quelle recentemente proposte dal Triumvirato Pirelli-De Vecchis-Argenvilliers. A dispetto della contrazione dell'organico, anche la cattedra di botanica veniva sdoppiata in una lettura teorica quotidiana da tenersi in Sapienza e in una lettura pratica saltuaria affidata al sovrintendente dell'Orto botanico, mentre divenivano necessariamente quotidiane le lezioni meccaniche di anatomia e chirurgia. I denari risparmiati con l'eliminazione delle cattedre e la fissazione degli stipendi erano stabilmente destinati a garantire continuità ed una buona qualità didattica ai nuovi insegnamenti.

Nel caso della matematica, con l'istituzionalizzare quell'insegnamento di matematiche miste che era già ampiamente praticato da decenni, non si introduceva una novità rivoluzionaria ma si trovava la strada per sanare una situazione di fatto. Al di là

dell'aspetto istituzionale, tuttavia, alla manovra del Valenti non era stato forse estraneo il desiderio di trovare fondi per immettere in ruolo con uno stipendio adeguato ai suoi meriti anche Tomas Le Seur, confratello, maestro e amico di Jacquier e anch'egli allora modesto lettore di teologia morale presso il Collegio Urbano di Propaganda Fide. Rafforza l'impressione che le cattedre fossero state istituite *ad personam* il fatto che già il 12 ottobre, giorno successivo alla bolla, giungessero al pontefice le suppliche del padre Le Seur per la lettura di matematiche miste e quella di Luigi Giraldi - che si presentava come dottore all'Università di Parigi, membro dell'Accademia dell'Istituto delle scienze di Bologna e dell'Accademia botanica fiorentina - per la cattedra di chimica, entrambe prontamente accolte.

Dunque, grazie ad un fortunato concorso di circostanze - un pontefice illuminato, un uomo di sua fiducia al rettorato con il quale poter agire per una volta di concerto, un cancelliere/segretario di stato di formazione newtoniana il quale, pur nemico personale dell'Argenvilliers o forse proprio per questo, operava dall'esterno per lasciare anche il suo segno sulle trasformazioni in corso - anche Roma poté avere una (riforma) che portava l'organizzazione della didattica scientifica del suo ateneo al livello della media delle altre università italiane'. Una riforma avviata non tanto, come avrebbe voluto il Renazzi, per venire incontro ai problemi dello sviluppo delle manifatture e dell'economia, quanto per creare le competenze necessarie ai bisogni dello Stato pontificio nell'ambito della cartografia, della topografia, dei calcoli geodetici, dell'ingegneria idraulica o della statica degli edifici cittadini. A causa soprattutto della forte concorrenza mossa all'Archiginnasio dalle scuole religiose, ma certamente anche per la mancanza di una sostenuta domanda di conoscenze tecnologiche da parte della società, la grande riforma scientifica lambertiana non produsse tuttavia gli effetti desiderati, quegli effetti che, altrove, sarebbero stati ottenuti nel secondo Settecento solo attraverso la laicizzazione e centralizzazione dell'istruzione pubblica.

Di sicuro quei provvedimenti non risolsero il problema della scarsa affluenza dei giovani all'università. Grazie ai registri delle immatricolazioni, puntualmente redatti a partire dal 1735, sappiamo infatti che la facoltà di giurisprudenza continuava, come per il passato, ad essere molto più frequentata delle altre e che, comunque, l'università di Roma non aveva avuto un apprezzabile incremento delle iscrizioni nelle materie scientifiche che pure avevano costituito l'oggetto del particolare interesse di Benedetto XIV.

Questa circostanza può forse spiegare la disaffezione di Jacquier e Le Seur per il magistero in Sapienza che le carte di archivio lasciano chiaramente trasparire. Già nel maggio 1756, infatti, i due confratelli facevano inutilmente richiesta di giubilazione per motivi di salute. Speravano però, in deroga alle norme, di poter mantenere l'intero assegnamento che ora godono ed hanno goduto dal principio, avendone sommo bisogno per poter continuare le loro lezioni private e gratuite in casa, e il loro altri studij per servir il pubblico, come hanno fatto da 30 anni in qua, cose che

non possono fare senza spese considerabili de' libri, e di stromenti. Nel caso del Le Seur si trattava, in realtà, di liberarsi di un incarico oramai inutile per mancanza del prescritto numero de' scolari. Dieci anni più tardi, nel 1766, Jacquier e Le Seur furono chiamati a Parma da parte del ministro borbonico Du Tillot e del suo collaboratore in campo educativo Paolo Maria Paciaudi, per tenere nella città borbonica un corso pubblico di Fisica sperimentale e geometria analitica destinato agli allievi della Scuola dei paggi e del Collegio dei nobili, e in particolare del giovane Don Ferdinando erede al trono<sup>78</sup>. Un atto, questo, che preludeva ad una riforma dell'istruzione laica e statalista in cui, davvero, la formazione scientifica avrebbe avuto un ruolo centrale.

I due anni trascorsi lontano da Roma offrirono ai confratelli il precedente per abbandonare definitivamente l'insegnamento in Sapienza. Al momento di dover riprendere il proprio incarico, infatti, nel novembre 1768, entrambi chiedevano ed ottenevano il congedo dall'insegnamento. Jacquier tornò comunque a Roma dopo la morte di Le Seur. Dopo la soppressione della Compagnia di Gesù, il Cardinale Francesco Saverio Zelada affidò a Jacquier, l'incarico di professore di matematica presso il Collegio Romano, dove ebbe Calandrelli come allievo.

### 7.1.2 Thomas Le Seur<sup>108</sup>

Thomas Le Seur (Rethel 1703, Parma? 1770). Des parents peu éclairés l'élevèrent dans une dévotion peut-être trop timide: il se persuada que le cloître était le seul asile où il n'eut pas tout craindre pour son salut; et comme il avait un oncle Minime, il prit à dix-huit ans l'habit de cet ordre. Ses supérieurs l'envoyèrent à Rome, au collège de la Trinité du Mont: on lui enseigna le système des tourbillons; mais il avait un esprit très-juste, et peu d'imagination. Ce système si brillant ne lui parut qu'un roman sans intérêt et sans vraisemblance. Il ne savait pas qu'il y eût une autre méthode d'étudier la nature, et, croyant bonnement que son esprit n'était pas propre à la philosophie, il était prêt à y renoncer, lorsque le hasard lui offrit un livre de géométrie: dès ce moment il sentit qu'il y avait une science vraiment digne de ce nom, et il l'aima le reste de sa vie. Son cours d'études achevé, ses supérieurs l'appelèrent en France, et le placèrent dans une petite ville.

Là, seul, sans compagnon d'étude, sans émulation, sans ressources, il cessa de cultiver les sciences, mais il en conserva le goût. Parmi les plaisirs de la société, il choisit ceux qui fournissent à l'esprit une occupation futile, mais profonde, les jeux

---

<sup>108</sup> Autore del seguente elogio, che pubblichiamo in appendice a questa Introduzione, è Jean-Antoine-Nicolas de Caritat, marchese di Condorcet. Vedi *Oeuvres de Condorcet*, publiées par A. Condorcet O'Connor et M.F. Arago, vol. II, Firmin Didot Frères, Libraires, Paris 1847, pp. 130-137.

dépure combinaison; et il y portait la sagacité d'un géomètre. Au bout de cinq ans, il entend dire que le père Jaquier, qui lui a succédé à Rome, s'est déjà fait un nom parmi les savants d'Italie, et qu'il ose attaquer hautement ce système des tourbillons, dont le père Le Seur s'était contenté de sentir la fausseté. Alors il demande d'aller joindre à Rome le père Jaquier: il li cherchait qu'un compagnon d'étude, et il trouva un ami.

Si la nature n'avait pas destiné les deux savants français à s'aimer, les circonstances les eussent forcés de s'unir. En général, on fait peu de cas, dans les cloîtres, des sciences naturelles, soit qu'occupées d'intérêts plus importants, les personnes consacrées à la vie religieuse dédaignent ce qui ne procure aux hommes que des avantages temporels; soit plutôt que toute société donnant la préférence aux talents qui lui sont le plus utiles, les sociétés monastiques doivent préférer l'esprit des affaires, qui sert à augmenter la puissance de l'ordre, au génie des sciences, dont il ne résulte pour l'ordre même qu'un peu de gloire. Ainsi, les deux religieux français, livrés à des études méprisées et même suspectes à la piété peu éclairée de quelques-uns de leurs confrères, étaient regardés au moins comme inutiles dans un pays où l'on n'estime guère que les connaissances qui mènent à la fortune; ils avaient, au milieu de cette espèce d'abandon et d'oubli, trouvé une société, un juge éclairé, et un appui. Mais leur amitié n'était pas de ces amitiés vulgaires que fait naître la conformité des goûts et des intérêts; la leur devait son origine à un attrait naturel et irrésistible. Dans ces amitiés profondes et délicieuses, chacun souffre toutes les souffrances de son ami, et sent tous ses plaisirs; on n'éprouve pas un sentiment, on n'a pas une pensée où son ami ne soit mêlé; et si on s'aperçoit qu'on n'est pas un avec lui, c'est uniquement par la préférence qu'on lui donne sui soi-même. Cet ami n'est pas un homme que l'on aime, que l'on préfère aux autres hommes; c'est un être à part, et à qui rien ne ressemble : ce ne sont ni ses qualités, ni ses vertus, qu'on aime en lui, puisqu'un autre aurait pu les avoir et qu'on ne l'aurait pas aimé de même ; c'est lui qu'on aime, et parce que c'est lui. Ceux qui n'ont point goûté ce sentiment peuvent seuls nier qu'il existe; il faut les plaindre.

On doit surtout n'être pas étonné que les deux savants français en aient donné un exemple si touchant. En effet, où cette amitié pourrait-elle exister plus naturellement qu'entre deux hommes vertueux et sensibles, à qui leur état faisait un devoir sacré de renoncera tout autre sentiment? Dès l'instant où ils se furent rencontrés à Rome, tout fut commun entre eux: peines, plaisirs, travaux, la gloire même, celui de tous les biens peut-être qu'il est plus rare que deux hommes aient partagé de bonne foi. Cependant, chacun d'eux publia à part quelques morceaux, mais peu importants, et qui, selon le jugement de celui à qui ils appartenaient, n'auraient pas mérité de paraître avec le nom de son ami. Ils voulurent qu'il y eût dans les places qu'ils occupaient une égalité parfaite: si l'un des deux obtenait une distinction, il ne songeait plus qu'à procurer à son ami une distinction égale. Un jour, dans un besoin d'argent, le père Le Seur s'adressa à un autre qu'à son ami. Le père Jaquier lui en fit des reproches:

Je savais que vous n'en aviez pas, lui dit le père Le Seur, et vous en auriez emprunté pour moi à la même personne.

Ils entreprirent le commentaire sur les Principes de Newton. Cet ouvrage du philosophe anglais, que peu de géomètres même étaient en état d'entendre lors qu'il parut, est rempli de propositions que Newton avait trouvées par une méthode dont il semblait s'être réservé le secret. Les démonstrations synthétiques où il avait suivi la marche de la géométrie ancienne, ne pouvaient servir à retrouver la route qui l'avait conduit à ses découvertes. Le seul moyen de rendre cet ouvrage intelligible au commun des mathématiciens, était de substituer à la méthode ancienne, les méthodes nouvelles qui pouvaient fournir des démonstrations plus directes, et qui dispensent d'efforts de tête si fatigants. Newton avait inventé ces mêmes méthodes, mais il ne les avait pas employées dans son ouvrage. On l'a soupçonné d'avoir voulu cacher sa marche, pour exciter encore plus d'admiration : ostentation bien indigne d'un si grand homme, et dont jamais personne n'eut moins besoin que lui. Ne serait-il pas plus naturel de croire que Newton, aussi simple dans ses ouvrages que dans tout le reste de sa longue et glorieuse carrière, a employé la méthode des anciens, seulement parce qu'elle lui était plus familière que celles même qu'il venait de découvrir, et parce que, dans le temps où les Principes mathématiques parurent, ils auraient été encore moins entendus, surtout en Angleterre, s'il y eût déployé tout l'appareil de la nouvelle analyse?

Les pères Le Seur et Jaquier firent leur commentaire eu commun, ou plutôt chacun d'eux fit de son côté le commentaire tout entier. Ils se communiquaient ensuite leurs travaux, et décidaient à quelle manière ils devaient donner la préférence; mais jamais on n'a su à qui des deux appartenait celle qu'on a imprimée, et eux-mêmes l'avaient oublié.

Le père Jaquier fit un voyage en France. Le père Le Seur, privé de celui avec qui il aimait à penser, se livra encore à des distractions futiles; il semblait n'avoir d'activité pour les sciences, que parce que son ami les aimait.

Après leur réunion, ils donnèrent sur le calcul intégral un grand ouvrage, le plus complet qu'on eût encore publié, puisqu'il renferme toutes les méthodes jusqu'alors connues des géomètres. Ce traité fut imprimé à Parme, en 1765, par les ordres du souverain qui avait appelé les deux mathématiciens auprès de son fils. M. de Kéralio, gouverneur du jeune prince, était également digne, par ses connaissances et par son caractère, d'apprécier les talents et les vertus des deux amis. C'est lui qui les avait fait connaître à cette cour, et il eut le plaisir de leur procurer des honneurs que leur mérite modeste n'avait point recherchés.

L'amour-propre n'est un sentiment bien vif que dans ceux qui n'en connaissent point d'autres. Les deux amis en eurent peu, même pour leurs découvertes communes. Un des meilleurs géomètres d'Italie, avec qui ils étaient liés, les avertit qu'on s'était servi de leur travail sans les citer. C'est une preuve qu'on a trouvé notre travail utile, répondirent les deux savants; et ils ne firent pas d'autres réclamations. On



leur a reproché de n'avoir pas cité avec assez d'exactitude le nom de ceux à qui appartiennent les méthodes exposées dans leur traité du calcul intégral : ils avaient supposé dans les autres savants la même modestie, ou plutôt la même indifférence qu'ils trouvaient en eux-mêmes. Aussi le père Le Seur était étonné des disputes qui s'élevaient entre les géomètres. Des hommes occupés des mêmes vérités devraient être tous amis, disait-il. Il ignorait que, pour la plupart, la gloire est le premier objet; la découverte de la vérité n'est que le second.

Il est inutile de dire que la vertu du père Le Seur était pure: il avait une âme sensible, un esprit droit, et peu de passions. La dévotion, qu'il tenait de sa première éducation, avait été remplacée par une piété plus digne d'un sage, qui avait passé une grande partie de sa vie à approfondir les vérités et les preuves de la religion.

Le père Le Seur n'avait aucune ambition; s'il eût été capable d'en avoir, c'aurait été pour son confrère. Le cardinalat est un beau problème, disait un jour le père Jaquier, devant une assemblée nombreuse. Je voudrais bien le résoudre pour vous, répondit le père Le Seur. Ce discours ne parut point étrange dans un pays où les grandes dignités ne sont pas toujours données à la naissance ou à l'intrigue, et où les souverains pontifes ont honoré quelquefois la pourpre, en la rendant la récompense des talents.

Le père Jaquier eut le malheur de survivre à son ami. Le père Le Seur succomba à ses infirmités en 1770; deux jours avant de mourir, il paraissait avoir perdu toute connaissance. «Me reconnaissez-vous?» lui dit le père Jaquier, peu d'instant avant sa mort. «Oui, répondit le mourant; vous êtes celui avec qui je viens de résoudre une équation très-difficile.» Ainsi, au milieu de la destruction de ses organes, il n'avait pas oublié quels furent les objets de ses études, et il se rappelait un ami avec qui tout lui avait été commun.

Le père Jaquier fut arraché des bras de son ami mourant, par des amis qui, pour me servir des expressions du père Jaquier lui-même, ne voilaient pas avoir à les regretter tous deux.

Il a repris une chaire que sa santé l'avait obligé de quitter. Moins occupé de prolonger des jours que l'amitié ne console plus, il veut du moins les remplir par des travaux utiles, et suspendre le sentiment d'une douleur dont rien ne peut le guérir. Il sait qu'il ne faut pas ajouter le poids du temps à celui du malheur, et que, pour les âmes qui souffrent, le loisir est la plus cruelle des tortures.

## 7.2 Il «Dubbio» dell'Abate Revillas

*Risoluzione del dubbio proposto dal padre abate RAVIGLIA, e parere intorno alli contaforti, ed altri danni della Cuppola Caticana del P. DOMENICO SANTE SANTINI de' Ministri degl'Infermi, Dilettante di matematica alla Maddalena, Pietro Rosati, Roma, 1743.*

Il sistema de i danni della gran Cuppola Vaticana, formato con tanto studio da i tre Virtuosi Soggetti, e dato alle stampe, cred'Io, perchè ognuno possa sopra di quello formare un determinato giudizio dell'opportuno riparo di questi danni, composto di trentadue numeri d'Indicazione, con varie congetture, e dimostrazioni per il rimedio delli medesimi (con tutta la dovuta stima a chi scrisse), mancando assai circa il vero *de facto* nel num. 27. ove dice: *I due Arconi attorno al pilone della Veronica anno sù la cima in mezzo un leggier pelo, senza però, che si discosti una parte dall'altra, o l'una scenda sotto l'altra, e sotto il cornicione tra l'arco de' SS. Simone, e Giuda, e il pilone della Veronica scende un pelo, che muore assai prima di giungere all'Arco: Detto pelo si vede dalla parte di fuori sopra la volta della Chiesa, nel muro del Tamburo inalzato sull'arco stesso, e parimente i peli de i due arconi nella parte superiore de' medesimi si riscontrano, ma tenuissimi.*

Fu il motivo, che si disciogliesse la congregazione tenuta nel Quirinale li 22. del scaduto Gennaro, senza risolversi, e determinarsi il riparo delle pur vere, e continuanti rovine di questa mole. Impulso di questa nuova ispezzione fu il P. Abbate Raviglia, quale, inteso tutto ciò si propose da i trè Virtuosi tanto intorno alla cagione de i danni, quanto al metodo de' ritrovati rimedj, disse: *Io vedo gli Arconi crepati, nè in questa scrittura mi fu assegnata [III] la causa di dette crepature; Di più domando, se detti Arconi abbiano connessioni con le rovine, che si vedono nella Cuppola:* Al che non avendo in pronto adeguata risposta i suddetti tre virtuosi; S'offrì chi scrive d'assegnar per allora la cagione delle crepature suddette, e del cedimento fatta da detti Arconi; Ma non parendo dover sentirsi da un Consesso di sì grand'Uomini il parere di un miserabile, qual'è chi scrive, con unanime, e ben dovuto disprezzo di ciò, che disse, fu riprovato da tutti; Onde è che il medesimo si dà l'onore d'umiliare ad ognun di loro l'istesso sentimento in iscritto, acciò più positivamente riflettano, se mai qualche barlume di ragione, o di verità si ritrovi nelle poche righe, che seguono.

Osservandosi da me adunque da vicino l'Arcone de' SS. Simone, e Giuda, ritrovai verso il serraglio di quello una vertical crepatura, quale benchè sia stata in altro tempo stuccata, ma però dopo la doratura di detto Arcone, come si riconosce sul fatto, è non di meno larga due once in circa, e s'estende in altezza fino al gocciolatore del gran Cornicione che sono più di trenta palmi, e questa crepatura, oltre all'aver reso dritto lo sferico dell'arcone per il cedimento, che hà fatto in profondità, hà fatto ancora spostare l'Arcone stesso, essendo calato più di mezz'oncia la parte di detto Arcone verso il Pilon di S. Andrea.

C'è di più, detto Arcone per essere di mattoni, e non travertino, come tutto il restante delle superficiali pareti di questa mole mostra l'istesso Arcone nella sua sommità un distacco Orizzontale, più di due once dalla Cortina de' Travertini, che stà sotto del fregio del Cornicione, e che gli forma Architrave, essendo questa Corti-

na restata in aria per il contrasto, che fanno li grossi massi del Travertino suddetto, non potendo cedere alla violenza del peso così facilmente.

Il detto Arcone, oltre la crepatura di mezzo, come s'è detto, mostra due altre gran crepature nel terzo dell'imposta, nel luogo appunto, dove si mettono le Catene, e sono i distacchi, che hà fatti il cedimento di detto Arcone dalle due imposte, e da i piloni medesimi, quali crepature passando il gran Cornicione, son le medesime, che dentro il Corridore sotto la base de i Contraforti, nascono verso le imposte degli Arconi, e vanno trasversalmente piegando sopra del sesto di detti Arconi, effetto ben dimostrato in tutti, e quattro gli Arconi dalle otto crepature, o sieno distacchi, che, tagliando trasversalmente, come si è detto, il muraglione, che regge li contrafforti [IV], accompagnano col distaccato masso il cedimento degli Arconi suddetti.

E l'Orizzontal crepatura, che trovasi dentro del Corridore, sopra gli Arconi, non è, come dicesi, effetto della base de i contraforti che abbia piegato in fuori, ma bensì abbassamento dell'Arcone inferiore gravato dall'eccessivo peso del muro interiore del Tamburro, ch'essendo calato di molto, non è stato accompagnato dalla muraglia esteriore, perchè di poc'altezza, e gravata dal solo peso de i Contraforti; e da qui è nata la vertical crepatura della volta del Corridore, senza che i contraforti suddetti nella loro parte esteriore, e per tutto quello, che posano sopra il loro esterior basamento, abbia ceduto in profondità, o strapiombato pur un tantino, ma solo nella parte interiore, cioè dove sono appoggiati al Tamburro, abbia la parte seguito il moito di detto Tamburro. Comprova infallibile di tutto quello che sono gli ordini del Cornicione de i Contrafforti suddetti qual Cornicione da quella parte che stà appoggiato al Tamburro, è calato, dove una, e dove due conce, essendo restata superiore la parte di fuori del Contraforte che non s'è mossa.

Ne questo effetto avrebbe partorito il rotare, che dicono nella scrittura i tre Virtuosi, che ponendo il centro del moto nella base esteriore de i contraforti, non produrrebbe al più, che l'allontanamento del medesimo dal Tamburro nella parte superiore delli suddetti, ma non mai lo spostamento delli piani delle Cornici per due oncie, che sarebbe lo stesso, che nel rotare una sfera, o una tangente di questa, s'allontanasse la circonferenza del centro, cosa che ripugna la natura del circolo.

Dal vedere poi l'otto aperture, o siano dilassi trasversali suddetti, cioè due per Arcone, mi posi la curiosità d'osservare ben da vicino tutti e quattro li detti Arconi, quali hò ritrovati tutti rotti nel mezzo a somiglianza del sopradetto, ma con minor apertura, cioè l'Arcone della Cattedra aperto un'oncia, e più, quello dei S.S. Processo, e Martirano più di mezz'oncia, e quello della Navata maggiore circa mezzoncia.

Ne solo questi trè Arconi si sono aperti nel mezzo della parte di sotto, come ho già detto, ma non mancano d'apparire nel terzo similmente de' medesimi i peli del dilasso, che hanno fatto dalle sue imposte, che son le code delle trasversali aperture, che si fan vedere al di sopra del corridore di dentro, e di fuori ne i Travertini, e così il roitare s'è piuttosto fatto negli Arconi sopra le imposte delli [V] Piloni verso del

mezzo di detti Arconi, di cui più sotto se ne darà la cagione di quello dicasi abbiano fatto li Contraforti nella lor base esteriore.

Quindi è, che le maggiori verticali crepature sono sopra i Piloni, distacchi causati da i quattro gran cedimenti di detti Arconi, che portando ognun seco per la metà di ciaschedun'Arco l'ottava parte di questo Cerchio, hanno fatto, che li divida più sopra de i Piloni, ove non potea cedere, che sopra gli Arconi suddetti, ove ha seguito il molto del lor cedimento.

E per far vedere non adeguato il sistema concepito nel solo spingimento Orizzontale del vasto sferico, effetto di cui si credono nella Scrittura le crepature de i Contraforti, oltre l'abbassamento delle Cornici già detto nella sommità delli Contraforti suddetti nella parte, che ha tirato seco il cedere del Tamburro; Ognun sa, che quando un muro, e massime di Travertini, crepa con diagonale apertura, di modo che declini almeno per venti gradi dalla perpendicolare, quella parte è, che s'abbassa, che resta minore della verticale apparente, dal che piombando una crepatura in un muro, quella parte, la di cui sommità cominciando dal perpendicolo, si va inoltrando nella sua opposta, e per conseguenza parte in qualche modo orizzontalmente dalla medesima, quella, dico, è, che cede, e s'abbassa, da cui proviene quel diagonal scostamento, che in altro modo seguir non potrebbe, se non che la parte, che li riman superiore, si levasse in aria contro la natura de i gravi; E così la questione del rifarsi, o nò, delli Contraforti, parmi ceda del tutto alla ragione del fatto, che se li oppone, anzi se cedimento nelli medesimi si ritrovasse, deve al sicuro esser quelli non all'infuori, come s'è scritto, ma piuttosto all'indietro verso il Tamburro, dove per impedire il distaccamento di così duri massi, si crede possano aver inclinato qualcheduno de' Contraforti medesimi, se dobbiam credere sieno stati fabbricati di prima a perpendicolo, massime perchè terminano in due Colonne, di cui mostruosa, e contro ogni legge di Architettura, (scienza ben posseduta dal Buonarvota), sarebbe la situazione a scarpa, come si dice nella Scrittura; Quando oggi quei Contraforti, che meno distaccati son dal Tamburro, avendo in qualche parte seguito il moto del medesimo, trapiombano in dentro, e non in fuori, come il ruotare de i tre Virtuosi vuol'obbligarli, eppure l'istesso muro della base de' Contraforti stà a piombo, e non si è mosso colli già detti dilassamenti, ch'hanno seguito l'abbassar degli Arconi, [VI] contuttoche in qualche parte, come sopra, l'Arcone de' SS. Simone, e Giuda, il contrasto dell'incrostatura de' Travertini, abbia sostenuta quasi pensile la base de' Contraforti, di modo che abbassato più assai l'Arcone, si veda ora detta base restata in aria con una crepatura orizzontale, da cui cadono li mattoni, che fu creduta effetto del ruotamento di detta base, come già dissi di sopra.

E perchè quelle narrative abbiano la sua forza, sarà di mestiere di venire alla prova, incominciando a dir come ha seguito l'abbassamento di detti Arconi, senza che abbiano ceduto i Piloni. E primieramente esaminando la qualità delle materie, di cui son costruiti (lasciando in sospenso ciò, che siasi del modo, e rettitudine della costruzione delli medesimi) Io ritrovo esser quelli fabbricati di mattoni, e di calce, materie

ambedue porrose, e soggette all'impressione del colpo, ed al cedimento della gran forza del peso, due difetti che non patisce giamai il Travertino, ed il marmo ; e per meglio spiegare quella impressione, o sia cedimento di quelli due Corpi figuriamoci una Bombarda, che coll'impeto della polvere colla sua palla percuota un muro fatto di mattoni, e di calce, si vede, che farà qualche palmo d'impressione nel detto muro col solo compenetrarsi, o dirò meglio, condensarsi le particelle porrose, e rare fatte di tal continuo, senza che passi all'altra parte del muro, e quest'effetto medesimo nel piantare ancora un gran chiodo in una muraglia, tutto di si riscontra dal cedimento che fa la calce, o mattone in dar luogo al suddetto chiodo; Må perchè questo dirassi essere una compressione violente, causata dall'impeto del colpo, che lo percuote, veniamo al secondo modo d'impressione, e di cedimento, che fanno i Corpi porrosi, qual sono quelli, di cui si parla; Evvi pertanto la leva, e la Cochlea, ch'ambedue imprimono, e fanno cedere i detti corpi, senza che v'intervenga l'impeto della percossa, ma colla sola violenza d'un peso, o d'una forza, che s'equipari al medesimo, non solo imprimono, e fanno cedere Corpi porrosi, e friabili, qual sono i mattoni, e la calce, ma ne i più saldi metalli imprimono gran rilievi, e fanno cedere li medesimi, o al contrasto, o al carico; nel modo che il Romano, o sia piombo della Statera in diversi luoghi dell'Asta applicato, se più lontano dal fulcimento, solleva in aria gran pesi; O quale comunemente si fa la soppressa per far distendere, ed abbassare Corpi di simil sorte. Qual soppressa, o leva, O Torchio, crederà, chesia stato nel caso nostro chi legge quando sente, che questi Arconi reggono il peso di più di centosessantamila sopra [VII] un vano di più di cento, e sei palmi per di ciaschedun'Arco, che benchè ancora i Piloni sostengano la sua parte, nulladimeno assai minor peso sostengono dell'Arconi suddetti, sì perchè gli Arconi occupano maggior sito della circonferenza del vasto sferico del Tamburro, sì anche perchè gli Arconi sostengono il peso a piombo, quando i Piloni, mediante l'aggetto delle valette sentono detto peso fuori del piombo, e per ragione sol di contrasto.

Che meraviglia è qui dunque c'abbian ceduto al gran Carico, e siansi compressi in se stessi senza offendere, o propulsare i Piloni, come l'additano i due distacchi, che han fatto dalli medesimi li detti Arconi circa il terzo delle loro imposte? proposizione, che a i tre Virtuosi, ed a qualche altro parve imponibile. E non si vede tutto di nelle fabbriche di questo Mondo di crepar gli Archi nel mezzo per la pression superiore, senza che s'allontanino i fulcimenti delli medesimi? Gli Architravi istessi di marmo, se son gravati da improprio peso, crepano in mezzo, contandosi infiniti, e d'altezze tali, che vi si può ben descrivere dentro un'Arco, anche tal volta di tutto sesto, che non ostante mai vedonsi cedere, ed allargare i stipiti, sopra de' quali riposano: L'istesso ferro, metallo veramente, in cui più di qualunque altro, ritrovasi, per così dire, la Sede del Elaterio, benchè curvato in giro, quando ha d'un'altezza tale, che le fibre inferiori non possan stendersi per la pressione di più della sua attitudine, cede, e crepa, e fa peli non differenti da un'Arco di mattoni, e di calce, o di qualunque altra materia atta a simili costruzioni.

Molte proposizioni compariscono paradossi di prima fronte, ma esaminati poi con più maturo riflesso gli Arcani, e della natura, e dell'arte, si ritrova facilmente le verità infallibile delle medesime.

Per procedere intanto al vero sistema de' movimenti della gran Cuppola, non valendo oggi più il ricorrere al solo Orizzontal spingimento delle pareti compresse (come si scrisse) dal grave peso di sopra, per cui rotassero tutt' i sostegni sul fine della base esteriore de' Contraforti, e sù la Cortina al di fuori de' Travertini, ritrovandosi questi soli nella identica situazione, che fur costrutti, e vedendosi troppo chiaramente il cedimento in profondità del Tamburro, seguito massime sopra il sesto di detti Arconi, che portando seco parte de' Contraforti, con varj peli, che van morendo diagonalmente verso il Pilastro delli medesimi, sarà di mestiere di esaminare più al fondo, come, e da' quali cause tanti danni, che sono nella gran Cuppola, abbenchè sminuzzati come già dissi al principio, in trentadue [VIII] numeri d'indicazione, con tutto che non completa per il mancare, de i principali e primarj danni de i quattro Arconi passai quasi sotto silenzio, possa ridursi a qualche regola generale o ad un solo principio per poter poi da quello tirare qualche infallibile conclusione del germano, e vero sistema di tanti danni.

Ed acciocche quello, che opporre poi si potrebbe nel fine di questo discorso, sia da bel primo dilucidato, convien riflettere qui, quale sia il cedimento del gran Tamburro, e dove più il medesimo si faccia, quali effetti debba partorire nel declinare del giro a proporzione, che parte dalla linea retta o sia dal raggio, che partendo dal centro del moto, quale oggi formasi nel mezzo appunto dell'impostar de i Piloni; e v'è spandendo sfericamente i suoi effetti sia sopra la verticale delli suddetti Piloni, sia contro l'Orizzontale degli Arconi suddetti, ove più che in ogni altro luogo partorisce gli effetti più mostruosi del caso nostro, venga per fine a ridursi il moto di qualunque degli accennati Sintomi di quella Mole ad una sola, e germana cauti la cui non potendo (se non con impostura) partire, si venga poi ad assegnare il riparo proprio, infallibile, e competente a sedar il moto, & ad impedir l'ulterior discesa di detti Arconi.

Il cedimento adunque del gran Tamburro, essendo questi in figura sferica, come un Cesto, o sia Cerchio, e se più volgare vogliam parlare, qual fosse un Tino, che stretto dalli suoi Cerchi, oppur da bovino glutine incollata ciascheduna delle sue doghe di modo che formasse tutta un continuo delle sue parti, e fosse sostenuto nella sua bale da quattro fulcimenti, o sian zoccoli, o piedi, ch'egualmente sostenendo l'Orizzontale ultima superficie di detto Tino, invece di riempir questo di fluidi, si caricasse la di lui superiore circonferenza con un Catino di congruo peso alla perpendico resistenza delle sponde di detto Tino certo è, che questi, con tuttoche insista solamente sù i quattro piedi, sosterrà ugualmente il peso sopra posto, (intanto che detto glutine mantenga unite le parti di dette sponde; ma se queste saran disciolte da un umido, che le risolva, oppure se stretto con Cerchi si allentassero questi, in modo che possa una doga disunirsi dall'altra, certo è; che quelle parti della circonferenza

del Tino, che non poseranno su i detti piedi scenderanno al basso, cedendo al peso superiore, che le comprime, e in tal modo, che il cedimento maggiore sarà nel mezzo del vano fraposto tra ognun de' due piedi; e perchè quattro [IX] in tal caso sarebbero i cedimenti maggiori per corrispondere a i quattro vani, tirando seco ognuno di quelli vani la quarta parte di questo Cerchio, farebbe, che fopra i quattro Sostegni, o sian Zoccoli si formassero quattro aperture in forma di raggio, che principiando da' detti Zoccoli s' andassero a proporzione del raggio allargando verso la parte superiore di detto Cerchio, e per lo spostamento di questa circolare figura, dovrebbe ancora nella parte di sotto circa il mezzo del vano tra li due Zoccoli formarsi qualche altra vertical apertura, effetto delle due linee orizzontali, che scenderebbero sotto il suo piano, e per con conseguenza si dovrebbero disunire nel mezzo per non potersi prolungare più della retta. Il Cerchio è il Tamburro, il glutine è la Calce, che tiene unite le parti eterogenee, che lo compongono, i quattro Zoccoli sono Piloni, che lo sostengano, il Catino, che li sovrasta, e la gran Cuppola, di cui si parla, i vani da un piede all' altro, sono gli Arconi che s'interpongono tra li Piloni; il glutine già disciolto sono le stesse calci che sfibrate, e dal caldo, e dl freddo, e da i nitri, che vi s' intrudono, e da qualche scossa di Terremoto. che l'hà cimentate ad una fatica maggiore della loro attività, e dall' eccessivo peso, che li sovrasta, si son disciolte, lasciando che tutte quelle parti del Tamburro, che insistono sù gli Arconi, non più abbracciate, e concatenate com' eran prima, con tutto saldo, continuo di questo Cesto, non sciolte, e libere, e sol gravate, come si disse, d'estremo peso, hanno compresso di modo i suddetti Arconi, che non valendo i medesimi a regger un peso non più attaccato all' altro Masso, com' era prima, ma bensì libero, rovinoso, e che v' a ferire di punt' in bianco la sommità stessa dell' Arco, gli è stato forza di cedere alla violenza di detto peso col compenetrarsi in sestessi come si disse e di mostrare le aperture, e i distacchi, che pur troppo oggi si fan vedere in tutti, e quattro gli Arconi, e nelle superiori pareti.

Da qui si vede qual siasi il ruotare di questa mole, qual sieno i centri del movimento, qual sieno le cause, che più sia aperta sopra i Piloni che sopra gli Archi qual momenti che abbia formato nel scendere, che hà fatto sopra di detti Arconi, e tutte le crepature filiali delle quattro massime sopra i Piloni che o lo spostamento di questi massi hà prodotto o li momenti del moto che hà fatto in scendere, han partorito in diversi luoghi quali non facendo alcuna impressione al presente caso, se non com'effetti secondarj, [X] ed accidentali dei primi moti, non meritano ne indicazione, ne ispezzione, per non dar tedio a chi legge, ma quando pure vi fosse chi a minuto desiderasse la ragione d'ognuna, io m'impegno di sodisfarlo.

In queste dunque infallibili circostanze di fatto si spiega bene in qual modo li Costoloni, che non son' altro, che Arconi diretti tutti a sostenere il peso del Cuppolino, ed a concatenare assieme l'interiore, ed exterior Cuppola, essendo tra l'intercapedine delle due Volte, e la grossezza delle medesime con l'aggetto anche di fuori, ventiquattro palmi in circa d'altezza d'Arco, quali sono restati intieri, essendo solamenti

discesi, ma non mai aliargatisi nella lor base, effetto che non potea seguire senza si aprissero nella lor parte interiore per l'allungamento, che dovea fare la circonferenza interiore delli medesimi, quandoche da un moto orizzontale solamente fossero stati allargati in giro, (qual vuol provar il sistema de i tre Virtuosi) ma solamente nella loro discesa fatta si ravvisano certi piccioli peli orizzontali verso la base del Lanternino, ed altri nel Lanternino medesimo, effetti tutti delli stravaganti momenti fatti nel cedimento de' grandi Arconi, che per l'ineguaglianza del scendere del Tamburro dovea tutto spostarsi, e discioglier quello gran masso, come appunto in diversi luoghi del medesimo è succeduto; Quindi è, che i Cerchioni non han patita quella gran forza, che se gl'impone, e i spostamenti delli paletti, che non son poi alla fine altro, che un moto, che gli hà girati nel loro centro, ch'è l'occhio, ed ha fatto che le due teste delli medefimi a guisa di raggio abbian girato qualch'oncia d'intorno al centro, senza però, che il medesimo centro mutasse luogo, o s'allontanasse un'occhio della Catena dall'altro pur'una linea per il contrasto immediato, che fa la testa dell'occhio al fianco del palettone, che in questo caso il paletto saria piegato d' ambe le parti verso un sol pezzo della catena, ciocche non vedesi, ma sol girato un tantino circa il suo centro, effetto, come si disse, del succeduto momento nell'abbassare una parte prim d'un'altra della sunnominata Catena.

Che poi le diverse crepature nella gran Cuppola nelle vicinanze dell'Attico s'estendano alla larghezza di palmi due, (come dissi) che meraviglia, se si rifletta all'abbassamento de' grandi Arconi, cedendo appunto circa quattr'oncie l'Arcone solo de' SS. Simone, e Giuda, e non essendo più distante al centro del moto ch'è sù la base di detto, Arcone che palmi ottanta, comparando l'apertura [XI] di quello orizzontal raggio coll'allargamento della quarta parte delle verticali di sopra l'Attico, che sarebbe quattr'oncie, e sei nella dillanza di palmi 80. a 250, si vede bene che molto più dovea, aprirsi a proporzione del raggio, se gl'altri Arconi fossero egualmente abbassati, come il suddetto, ma perchè meno han ceduto, perciò fu conto che tutto quello, che negl'Arconi ha abbassato il ruotare delli medesimi sopra le basi, altrettanto a proporzione hà allargato di sopra l'Attico la fommità del Tamburro, seguendo il moto del cedimento.

Circa i Cerchioni, che non sian rotti, e nondimeno la Volta sia aperta in diversi peli nel loro sito da un palmo, e piu, senza cercare gli esperimenti, e di Monsù de la Hyre<sup>109</sup> e Neutone<sup>110</sup> com'effetti più naturali, che violenti, come nel caso nostro, basta di prendere un fil di ferro rincotto, e fatti due buchi in una Colonna di Marmo, o altra pietra dura, ed un di quelli fermarvi un perno, a cui s'attacchi una testa di ferro, e girando questo d' intorno alla Colonna, si attacchi l'altra estremità di detto filo in un'altro perno verticale, come una chiave di Cimbalo, e si giri fintanto che il filo di

---

<sup>109</sup> Philippe de La Hire.

<sup>110</sup> Isaac Newton.



ferro tocchi unitamente la circonferenza della Colonna suddetta, si segnino poi le due estremità di quel filo nella Colonna, e nel filo, e si volti la detta chiave, fintanto che dalla soverchia tensione venga a sfibrarsi il suddetto filo, ed a cimento ancor di strapparsi, si vedrà allora quanto cresciuto egli sia, mentreche in dieci palmi mezz'oncia, e da vantaggio s'allonga senza pericolo di strapparsi, è la ducentesima quarantesima parte di se medesimo, ed avendo noi i cerchj più lunghi ancora di palmi 600. bensì conosce che ancor due palmi, che fosser stesi, non è eccessivo slungamento alla potenza di così gran circonferenza, quandoche la ducentesima quarantesima parte in 600. v'entra due volte, e vi avanzano ancora palmi 120 s'aggionge la compressione, che pria di stenderli, deve fare sopra il mattone, e la Calce un ferro di tal grossezza, ed un ferro non messo in fabbrica, (come si dice,) ma applicato da poi, che non puol mai andar a connettere così intimamente col muro vecchio, ed ogni poco cedimento di detto muro, fa che non abbi il ferro occasion di stendersi in se medesimo, onde il pericolo così evidente, come si scrive, non apparisce.

Dal rilassamento adunque del glutine, e dalla gran pressione del carico, e dal cedimento degli Archi procedendo i gran danni di quella Cuppola sarà di mestiere il vedere, quali rimedj sieno [XII] opportuni, e per riunir quello Cesto, e per impedir la discesa questi Arconi; e siccome lo scender degl'Archi è proceduto dal rilassamento de i fianchi del gran Tamburro, fa di mestieri di fermar questo con cerchi incastrati nel più forte di detto Tamburro, ed ove son meno vani, come nell'Attico, nel Cornicione, e ne basamento sopra, e sotto del Corridore, come pare al Zoccolone de i Contraforti, di modo che venga talmente a restringersi per mezzo poi del Magistralmente riempire le crepature maggiori, che volendo altra volta cedere, ed abbassarsi, venga impedito dall'adesion delle parti, e dalla compression de i Cerchioni, due veramente de i quali dovranno essere di maggior forza, massime nell'altezza circa d'un palmo, e grossezza tre oncie, e mezza, e questi apporli uno all'interior basamento del gran Tamburro, e l'altro all'esterior Zoccolone de i Contraforti, per far poi scendere d'ambidue i detti Cerchj de i Palettoni con l'occhio, che passando sia sotto al vivo de i rotti Arconi, possono apporsi delle gran chiavi che traversando di tanto in tanto le crepature di detti Arconi, non solo formino il moto delli medesimi, ma insieme tolgono ogni sospetto futuro di cedimento, potendosi dal Cerchione, che si porrà nella base del gran Tamburro, impostarvi di tanto in tanto sopra gl'Arconi Catene in piedi, che in figura di tanti, vadino ad abbracciarsi con i Cerchioni di sopra, cosa che può farsi ancora nell'esteriore de' Contraforti, e così il palettone, che abbraccia li Contraforti tra le due Colonne, farà due figure, una di sostenere, e l'altra di stringere, acciocchè il peso degl'Archi non ti sostenga dal primo Cerchione solamente, ma tutti assieme concorrano a sollevare l'Arcone dal'cedimento, che fa vedere nelli suoi peli.

E perchè pare, ch'io mi sia scordato de i Contraforti, e siccome questi per quella parte, che pianta sopra del suo basamento, sono il più sano, ed intero pezzo di tutto questo Edificio, con tutto che ben'otto delli medesimi piantino in falso, e sopra il

terzo de i quattro Arconi, io non li trovo nulladimeno lacerati se non quel tanto, che sù l'archetto dell'ambulazione coperta, ed addosso, per così dire, al Tamburro si sostenevano; Ond'è, che sanato il vizio del cedimento del detto Tamburro, non resterebbe, che risarcir le rotture, quali ancora tagliar si possono con buone Seghe, e sostituire nel luogo de i Travertini crepati altri buoni; Ma quello siasi della parte esteriore delli medesimi, e loro Colonne, e Cornicione e Pilastrì che sono intatti e senz'alcun pelo, saria cred'io [XIII] gran peccato di demolirli, ma piuttosto incatenarli al Tamburro con legature di ferro nella forma, che il Signor Cavaliere Fuga ottimamente nella suddetta Congregazione prescrisse.

E le questi due fogli così mal scritti senza figure o dimostrazioni geometriche, imperocchè fatti solo per gli Intendenti, che non han di bisogno di più animinnicoli, a penetrare nella sostanza del fatto, vi fosse alcuno, che comandasse, che si compissero, sappia, pure, che la nostra Italia ancora hà talenti da sodisfare questo Precetto, e la brevità del tempo sol di tre giorni, dopo aver fatta l'osservazione degl'Archi, non permetteva d'incider figure, o dimostrare problemi; Ciò nonostante, sì su la faccia del luogo, come a qualunque particolar Tavolino, chi scrisse è pronto render ragione a chiunque chieggala del quivi esposto, non avendo altro Protettore, che la verità del suo dire, e (come spera) il gradimento de' SS. Apostoli Pietro, e Paolo, di cui si pregia difendere i Santi Diritti contro, &c. [XIV].

PARERE

DI TRE MATTEMATICI

Sopra i danni, che si sono trovati NELLA CUPOLA DI S. PIETRO

Sul fine dell'Anno MDCCXLII.

DATO PER ORDINE DI NOSTRO SIGNORE

**PAPA BENEDETTO XIV**

ESSENDOSI degnata la SANTITÀ di NOSTRO SIGNORE<sup>1</sup> di dar'ordine a MONSIG. GIO: FRANCESCO ABBATI OLIVIERI SEGRETARIO, ED ECONOMO DELLA REV. REV. FABRICA DI S. PIETRO di ricercare il sentimento de' Mattematici, e nominatamente di noi trè sottoscritti SOPRA I DANNI PRESENTI CHE SI OSSERVANO NELLA CUPOLA DELLA DETTA BASILICA, E MOLTO PIÙ PER LA SUA RISTAUZIONE, ACCIÒ POSSANO GLI ARCHITETTI METTER IN PRATICA I RIMEDJ CHE VERRANNO GIUDICATI PIÙ NECESSARJ PER LA STABILE CONSERVAZIONE DELLA GRAN MOLE; ed essendoci flato intimato tal ordine con particolari Viglietti<sup>2</sup> dal medesimo Prelato sulla fine dello scor-

---

<sup>1</sup> Benedetto XIV. Prospero Lambertini (1675- 1758). Papa dal 1740 al 1758, nacque a Bologna il 31 marzo 1675 da Marcello e Lucrezia Bulgarini. Fu educato presso i padri Somaschi; proseguì gli studi a Roma, dove si dedicò al diritto canonico e civile. Nel giugno del 1724 fu nominato vescovo di Teodosia e nel gennaio 1727 fu eletto alla sede arcivescovile di Ancona e Numana. Sin dal 1725 fu incaricato da papa Benedetto XIII di occuparsi dell'*Istituto di Scienze* di Bologna, interesse che andò sempre più ampliando negli anni successivi. Certamente fu il più erudito e il più colto dei papi del suo secolo, distinguendosi, in modo speciale, come canonista. Fu il pontefice che appoggiò il sapere scientifico e che spesso difese e incoraggiò con provvedimenti, finanziamenti e donazioni. Istituì le cattedre di fisica, chimica e matematica presso l'Università di Roma, diede nuovo impulso all'attività accademica bolognese, attivando una moderna scuola di chirurgia; favorì la diffusione, nello Stato Pontificio, dell'antivaiolo di origine umana. Promosse gli studi, favorendo gli uomini più dotti della sua epoca come Boscovich, Muratori, Querini. Tenne corrispondenza con Caterina di Russia, con Federico II, con Voltaire. Fu stimato anche dai protestanti, specie quelli d'Inghilterra. Fu valido archeologo: acquistò il fondo di Domenico De' Rossi e, su consiglio dell'artista, fondò la *Calcografia Pontificia*, pensando di diffondere, attraverso l'incisione, il gusto e la conoscenza delle collezioni che aveva accumulato.

<sup>2</sup> Ordini scritti.

so Novembre; desiderosi di ubbidire con quella maggiore diligenza, e prontezza, che per noi si potesse a' supremi comandi, abbiamo giudicato opportuno di comunicarci i nostri sentimenti in varj particolari congressi, ed esaminato il tutto dar' a nome comune nella seguente scrittura tutto ciò, che la debolezza del nostro sapere appoggiata sulle teorie, e sulle osservazioni de' migliori scrittori ci ha potuto somministrare sù d'una così importante materia.

Qui però sul bel principio ci protestiamo di riconoscere quest'affare sì nella prima mossa delle idee opportune per il desiderato risarcimento, sì nell'ultima individuale determinazione de' progettati rimedj, nulla meno bisognoso di una pratica ben fondata sulle proprie oculari osservazioni, e sperienze, che di una buona teoria fondata sulla Meccanica per conoscere dagli effetti la causa del male, e adattare i progetti alla natura della medesima, determinando quali, sieno i necessarj e giovevoli, quali gl'inutili, e forse ancora nocivi. Quindi per contenerci entro i limiti della nostra professione avendo rappresentato a Sua Signoria Illma un tale sentimento, ci è stato comunicato benignamente dalla medesima tutto ciò, che sin ora le è stato rappresentato su questo particolare, o a voce, o in iscritto. Da tutti questi progetti con diligenza esaminati, e da quel più, che i pochi lumi del nostro corto sapere ci an'suggerito, abbiamo formata l'idea, di quanto quì avvanzeremo.[III]

Saremmo forse anche in obbligo di scolparci presso que' molti, che non solo preferendo la pratica alle teorie, ma stimando quella sola necessaria, ed opportuna, e queste forse ancora dannose, condanneranno il nostro ardire, come di chi mette la falce nell'altrui messe: e si potrebbe rispondere agevolmente, mostrando essere sempre le teorie, quando sieno ben applicate, non solo utili, ma necessarie, che la pratica istessa non per altro è giovevole, che per quella teoria, che da se stesso si forma, chi avendo in molti casi veduto quello, che accade, ne inferisce per forza del naturale accorgimento ciò, che in altri à veduti poco o nulla dissimili debba necessariamente accadere. Ma ci discolpa abbastanza il Principe, che ci comanda, e che con quella sì profonda, e penetrante mente, con cui comprende ogni cosa, ha ben veduto, esser questa principalmente una di quelle congiunture, nelle quali richiedonsi più della pratica le teorie de' Mattematici, mentre si tratta qui di una Mole, a cui non vi essendo altra pari nel Mondo, ed avendone in piccol numero altre minori della sua specie, non è possibile che per quanto lunga, ed esercitata ella ha la sperienza, abbia suggerito tal numero di casi poco dissomiglianti, da formarne que' particolari principj, su cui sogliono da' puri Pratici appoggiarsi le lor teorie; onde si possa con sicurezza procedere, senza consultare i principj più generali, che la Meccanica si coltiva da' Mattematici al giorno d'oggi mette in opera, per dedurre gli effetti i più composti dalle più semplici universali cagioni.

Per procedere con buon ordine, conviene in prima chiarire il fatto, ed esaminare lo stato presente di questo grande Edificio, e de' danni, che vi si scorgono, indi ricercarne la causa ed in ultimo discorrere di que' ripieghi, che insieme possano rimediare al passato, e provvedere al futuro.

Per parlare con più fondamento del primo caso, ci siamo più volte portati in persona sul luogo stesso, ed abbiamo cercato di vedere, per quanto era possibile, ogni cosa cogli occhi nostri. Prima però di descrivere i danni, che vi abbiamo osservati, daremo qui una brevissima idea dell'edificio, di cui si tratta, ripresentato nella fig. 1<sup>3</sup>.

Sù quattro vasti piloni, che vengon sù da' fondamenti, si appoggiano i quattro arconi, che sostengono tutta la macchina. Sopra i medesimi arconi, e parte sopra le volticelle triangolari, che [IV] rimangono tra' medesimi, parte sopra i piloni vien' in giro la base AFD, grossa 38. palmi<sup>4</sup>, ed alta presso a 40. Vien forata essa base da un corridore BEC, largo otto palmi, ed alto in modo, che la sua volta EF non è più grossa di nove palmi, ne il suo muro esteriore di dodici. Il pavimento del corridore sopra gli archi si inalta, sopra i piloni si abbassa, rimanendo il vivo de' piloni medesimi inalzato solo fino a mezzi archi. Sopra la base si alza il muro del tamburo FHI grosso palmi quattordici, e rivestito attorno, come la base di travertini. Vi si contano in giro sedici gran finestroni X, tra' quali dalla parte di dentro si vedono a due a due i pilastri *b* incrostati di travertini, e di fuori a simili pilastri stanno appoggiati in costa sedici contraforti G ornati ciascuno di due colonne di travertino, ma con un muro in mezzo pure di travertino grosso non più di tre palmi e un quarto, e forato dall'archetto F, che dà comodo di passaggio attorno al tamburo. Sopra di questi siegue un'ordinetto Attico alto di fuori più, che di dentro, da cui nasce la volta, che ha ivi la sua imposta. Essa è formata di sedici, che chiamano costoloni, e si inalzano in dirittura de' contraforti, e di sedici spicchi, che corrispondono su' finestroni. La Cupola fino al suo terzo in K va sù unita: ivi divideasi in due, che vanno sempre più discostandosi l'una dall'altra fino ad M N, ove è quel, che dicono Collo<sup>5</sup> della Cupola. I costoloni però continuano sempre uniti fra le due Cupole col muro T fabricato ad uso d'arco, avendo anche in K un'archetto per dar il passo tra le due Cupole, ove ciascun d'essi muri è grosso undici palmi, e poco più, restringendosi poi a proporzione verso la cima. Parimente di fuori si inalta sopra ogni costolone un'oggetto di più palmi rivestito tutto di travertini, e sopra i medesimi vengono i piombi della grossezza di due minuti<sup>6</sup>, che riveston pur anche tutti gli spicchi. In LL verso la divisione delle due Cupole, e poco più giù, vi son due cerchi di ferro, e un terzo in cima verso M stringe il collo della Cupola, e dà l'appoggio al Cupolino, o Lanterna, che vi si inalta sopra. Da questo veggonsi giù per la Cupola interiore spiccati alcuni palettoni di ferro per impedirle ogni rottura orizzontale. Il Cupolino ha il suo tamburo

<sup>3</sup> Segue una descrizione abbastanza accurata della cupola che deriva anche dal rilievo dei tre matematici.

<sup>4</sup> Un palmo (romano) corrisponde a 22,316 centimetri. 38 palmi sono 8,48 metri.

<sup>5</sup> Collo o serraglia.

<sup>6</sup> Un minuto è un sessantesimo di palmo o un quinto di oncia quindi 3,72 millimetri.

co' suoi contraforti simile affatto al grande dianzi descritto, se non che le sue finestre sono molto più alte, e bislunghe, ed altre finestre più basse verso la Chiesa si vedono [V] nel Collo della Cupola, attorno a cui vi ha un corridoretto in O. La volta del Cupolino pur si divide in due, andando a terminar, l'esteriore in un aguzzo, che sostiene la gran palla, e la gran Croce, la cui cima dal pavimento si inalza per 598. palmi<sup>7</sup>, conforme ad un'esatta misura presane ultimamente giù dalla piazza con un quadrante Astronomico accuratissimamente diviso.

Premessa questa tal quale descrizione, ecco i danni, che vi si vedono.

1. La base esteriore A del tamburo si vede piena di spaccature, molte delle quali corrono unite in su per tutto il tamburo medesimo, e per tutto l'Attico, fino a nascondersi in *nd* sotto i piombi non ancora scoperti. Da dette spaccature si diramano continui peli, che infrangono una quantità grandissima di travertini.

2. Esse spaccature al fondo son piccolissime, e in su van sempre crescendo. Piegan dagli arconi in giù verso i piloni.

3. Nel corridore CB, che gira dentro tutta la base si vedono sul muro esteriore B E molte aperture, che parimente venendo in giù piegan verso i piloni.

4. Nello stesso muro esteriore pure dentro il corridore si vedono raddoppiate aperture orizzontali verso il fondo B, che nell'alzarsi il pavimento sopra gli arconi, si seppelliscono sotto al medesimo, vedendosi ivi più che altrove lo stesso pavimento separato dal muro esteriore, qual disunione è generale per tutto il corridore.

5. Dette aperture orizzontali passano tutta la grossezza BA del muro esteriore della base, come si vede nelle porte, che metton fuori, rialzandosi tutto il muro dalla parte interiore verso B, e rimanendo l'appoggio solamente verso A; anzi verso B tra una spaccatura orizzontale, e l'altra in qualche luogo si levano colle mani senza sforzo considerabile i mattoni non più premuti.

6. Delle spaccature verticali se ne vede una sola nel muro interiore C.

7. La volta E del medesimo corridore è tutta spaccata in mezzo con una generale apertura, che gira attorno da per tutto.

8. Essa apertura passa tutta la grossezza EF della volta, vedendosi generalmente nel mattonato F sotto gli archetti de' [VI] contraforti, e per tutto attorno il ripiano, per cui gira il tamburo; e perche vi pioveva giù nel corridore, detto mattonato fu rassetto non è un'anno.

9. Nel luogo di tal rassetto si vedono nuovi distacchi de' mattoni rimessi; anzi in qualche sito si vedono rotti i mattoni nuovi sopra l'apertura antica, e in qualche luogo di nuovo piove giù nel corridore.

10. I sedici contraforti F G si vedon rotti con moltissime aperture, che nel salire piegan in dentro: le medesime rompono per mezzo gran numero di travertini di essi contraforti, e quelli del cornicione *m*.

---

<sup>7</sup> 133,45 metri.

11. Sopra l'archetto F sono assai più tenui, e nell'andare in sù crescono notabilmente.

12. Molte di queste aperture, si vede, che sono state stuccate, essendosi poi riaperte le stuccature, e dilatate, e molte altre vi sono, dove non vi è vestigio di stuccature.

13. In due archetti verso la cima de' muri dritti F, che li sostengono, si vede la parte superiore venuta in fuori notabilmente, e in un di essi in modo particolare il muro FG distaccato nella cantonata più sensibilmente dal tamburo. Simil moto orizzontale di alcuna parte venuta un poco più in fuori, si vede anche nel muro esteriore A della base.

14. Gli architravi  $r$  delle sedici finestre son rotti tutti a riserva di uno, o due, ma dove è intero l'architrave, è rotto uno stipite. In tutte poi son rotte le cornici sopra l'architrave, e i travertini de' muri sopra, e sotto le finestre, e a lato verso i contraforti hanno moltissime aperture, e peli, che si infrangono.

15. In uno stipite di finestra  $a$  è degna di considerazione un'apertura verticale, che cominciando al basso nella faccia voltata, all'altro stipite, piega un poco in dentro.

16. Tutte le scale a lumaca<sup>8</sup>, per cui si sale dentro al tamburo, sono affatto dissestate vedendosi rotti, e distaccati gli scalini. In una di queste, per cui si sale ordinariamente ben rassettata, si vedono molti stangoni di ferro, e paletti, che reggono gli scalini rotti.

17. Entrando fra le due Cupole per il corridoretto K, si vedono delle aperture verticali negli spicchi fra' muri T de' costoloni, e si seppelliscono sotto K, dove le due Cupole son unite, le medesime [VII] anche rompono gli architravi, e soglie delle porte e finestre. Lo spicchio che corrisponde sopra il pilone della Veronica principalmente verso il mezzo delle scale T, è dissestato molto. Di tali aperture ci vien detto da chi le ha contate tutte con diligenza, trovarsene 37. nella Cupola esteriore, 39. nell'interiore.

18. Sotto il Cupolino nel corridoretto O si vedono rotte le faccie de' muri de' costoloni, seguitando per essi, muri le spaccature orizzontali OP, dove più alte, dove più basse, e continuando in alcun luogo fra lo spicchio della Cupola esteriore, e il muro del costolone.

19. Pure nella volticella di esso corridore si vedono delle aperture, che passano verso  $u$  sotto gli archetti de' contraforti del Cupolino, e in alcuna delle finestre del collo della Cupola si vedono rotti gli architravi, con degli altri movimenti nel muro interiore.

20. I medesimi in Q hanno molte aperture, che terminano verso il mezzo delle finestre.

---

<sup>8</sup> Scale a chiocciola.

21. Tutti i pilastri di dentro tra le finestre in R a mezza altezza in circa si vedono rotti, e alcuni in due luoghi orizzontalmente, restando con detta generale apertura tutto il Cupolino diviso orizzontalmente per mezzo.

22. Passando ora alla parte interiore della Cupola in tutti i sedici spicchi si vedono de' peli, o delle aperture verso S nelle cornici tonde de' Serafini di mosaico e nelle bislunghe degli Angeli, molte delle quali aprono considerabilmente i mosaici stessi.

23 Nello spicchio sopra il pilone della Veronica<sup>9</sup> si vede una grandissima apertura SqYZ. Essa passa sotto il cornicione Z nel fregio, dove è assai tenue: v'è sempre dilatandosi fino all'impostatura della Cupola in q, indi di nuovo si restringe morendo in cima sotto il Cupolino stesso. Sopra il pilone del Longino<sup>10</sup>, che resta in faccia, vi è un'altra simile spaccatura assai sensibile, anche a guardarla giù dalla Chiesa. Sopra gli altri due piloni pure, benché alquanto minore è tale, che dalla Chiesa vi passa un vento assai gagliardo e in vari altri spicchi pur se ne vedono. Dette aperture dividono, e distaccano le figure de' Mosaici fino a farne cader qualche pezzo.

24. Gli architravi di quasi tutte le finestre in X sono rotti.

25. Ne' Pilastri del tamburo si vedono delle aperture orizzontali, [VIII] in b, per cui s'aprono le commessure<sup>11</sup> de' travertini de' quali sono incrostatati.

26. Ne' mosaici sopra il cornicione Z si vedono alcuni leggeri peli orizzontali, benché non troppo sensibili.

27. I due arconi attorno al pilone della Veronica anno sulla cima in mezzo un legghier pelo, senza però che si discosti una parte dall'altra, o l'una scenda sotto l'altra, e sotto il cornicione tra l'arco de' SS. Simone e Giuda, e il pilone della Veronica scende un pelo, che muore assai prima di giungere all'arco. Detto pelo si vede dalla parte di fuori sopra la volta della Chiesa, nel muro del tamburo innalzato sull'arco

---

<sup>9</sup> I piloni che sorreggono la cupola prendono il nome dalle statue dei santi che sono contenute nelle loro nicchie. Si ha il pilone di San Longino (statua di Gian Lorenzo Bernini del 1639) a sinistra più lontano dall'ingresso. Il pilone di Sant'Elena (statua di Andrea Bolgi nel 1646) il più lontano a destra. Il pilone di Santa Veronica (statua di Francesco Mochi del 1632) il più vicino a destra. Il pilone di Sant'Andrea (statua di François Duquesnoy del 1640) il più vicino a sinistra. Sotto la cupola è situato il Baldacchino di San Pietro, ideato da Bernini e innalzato tra il 1624 ed il 1633. Nell'abside della basilica è invece la Cattedra di San Pietro opera ancora di Bernini. L'arco tra i piloni dei santi Veronica e Andrea è riferito nel *Parere* come arco dei santi Simone e Giuda; quello tra i piloni delle sante Veronica e Elena è l'arco verso la cattedra di San Pietro; quello tra i piloni dei santi Longino e Elena è l'arco dei santi Processo e Martirano; infine quello tra i piloni dei santi Longino e Andrea è l'arco verso la chiesa.

<sup>10</sup> Vedi nota precedente.

<sup>11</sup> Giunzioni.



stesso, e parimente i peli de' due arconi nella parte superiore de' medesimi si riscontrano, ma tenuissimi.

28. In varj luoghi tanto di fuori, quanto fra le due Cupole si vedon rotti, o distaccati alcuni pezzi di marmo a coda di rondine messi in questi ultimi anni attraverso alle spaccature per vedere se la fabbrica faceva moto.

29. I paletti de' cerchi L che cingono la Cupola interiore, si vedono in alcuni luoghi rimossi dal sito verticale per più once<sup>12</sup>.

30. Di fuori nell'ordin' Attico da  $m$  fino ad  $n$  si vedono in più siti delle aperture orizzontali nelle commessure de' travertini rialzati un tantino e un simil moto si riscontra in alcuni stipiti delle finestre esteriori nel corridoretto K, che gira tra le due Cupole.

31. Quello è ciò, che abbiamo veduto cogli occhi nostri. Di più fatti esaminare i pilastri  $b$  col piombino si è trovato, che sbilanciano in fuori, altri tre once, altri due, e mezza, ed altri meno, e altrettanto in circa sbilanciano pur' in fuori i pilastri de' contrafforti G, che stanno attaccati al tamburo. Ma de' pilastri esteriori de' medesimi contrafforti alcuni sbilanciano un tantino in dentro, altri stanno a un di presso a piombo.

32. La gran spaccatura sopra il pilone della Veronica sul cornicioncino dell'Attico in  $h$  è di quattro once, e vene sono due vicinissime, in cui essa diramasi di un'oncia e mezza fra tutte due. Quella in faccia sopra il Longino è di due once e mezza. Ivi le spaccature in giro sono in numero 27., e tanto grosse, che messe insieme si trovano di 2. once, e poco più sù di 24.

Quando sieno cominciati questi danni non si sà con certezza. [IX] In primo luogo è certo, che le spaccature de' mosaici son posteriori al 1603, nel qual anno per ordine di CLEMENTE VIII<sup>13</sup>. furono i medesimi terminati. Era stato tredici anni prima finito il lavoro della gran volta di questa Cupola, che si principiò a fabricare sotto SISTO V<sup>14</sup>. a' 15. Luglio del 1588. Sopra il tamburo terminato già un pezzo prima dal Bonarota<sup>15</sup>, e si finì a' 13. Maggio del 1590. poco prima della morte dello stesso Pontefice.

---

<sup>12</sup> Un'oncia è pari a 1/12 di palmo, quindi circa 1.86 cm.

<sup>13</sup> Clemente VIII, Ippolito Aldobrandini (1536-1605). Fu il duecentotrentunesimo papa della Chiesa cattolica dal 1592 alla sua morte

<sup>14</sup> Sisto V, Felice Peretti (1521-1590). Fu il 227° papa della Chiesa cattolica dal 1585 alla sua morte.

<sup>15</sup> Michelangelo Buonarroti (1475-1564). Dal 1547, alla morte di Antonio da Sangallo il Giovane (ovvero Antonio Cordini) fu incaricato di completare la basilica vaticana.

In secondo luogo varj di que' danni, che ora si scorgono, si erano cominciati a vedere fino dal 1631., se è vero ciò che nella vita del Cavalier Bernino<sup>16</sup> afferma il Baldinucci, che la scrisse nel 1681<sup>17</sup>, il quale parlando di varie aperture, che allora vi si vedevano dice: *Sappiasi che non mancano intendenti, e amatori di queste arti in Roma, i quali così come, ella si vede al presente, affermano, averla osservata con qualche curiosità da 40., e 50. anni addietro*<sup>18</sup>.

Dette aperture eccitarono nel 1680. una fiera tempesta contro il Bernino medesimo, supponendosi da molti, che esso coll'aver scavate ne' piloni le nicchie, e i pozzi per le scale sotto il pontificato d'URBANO VIII<sup>19</sup>, gli avesse indeboliti, e con ciò, fatta patire la Cupola: Voce, che allora prese gran piede, e per cui INNOCENZO XI<sup>20</sup>. allora Regnante fece più volte esaminar da' periti la cosa. Sul principio gli fu fatta una relazione contraria al Bernino da uno<sup>21</sup>, che pretendeva intendersi d'Architettura; ma rinnovatasi una più diligente ricerca sul luogo stesso prima dal solo Mattia de' Rossi<sup>22</sup>, indi dal medesimo in compagnia del Fontana<sup>23</sup>, e di Gio: Antonio de' Rossi<sup>24</sup> per ordine di SUA SANTITÀ comunicato a que' Virtuosi da Monsignor Gianuzzi Segretario, ed Economo della Fabbrica, fu riconosciuta l'innocenza del Bernino. Il risultato di quella visita viene riferito a lungo dal Baldinucci allora presente in Roma sul fine della 'sopraccennata vita, che egli scrisse l'anno seguente, affermando il medesimo di essersi chiarito co' propri occhi della verità di quanto avvanza sù questo particolare, e si trova molto conforme al risultato di un'altra memoria, che vi è nella Segretaria della Fabbrica di una visita fatta colla stessa occasione a' 12. No-

---

<sup>16</sup> Gian Lorenzo Bernini (1598-1680). Nel 1629 Papa Urbano VIII lo nomina architetto sovrintendente alla Fabbrica di S. Pietro.

<sup>17</sup> Ci si riferisce a F. Baldinucci, *Vita del Cavalier Gio. Lorenzo Bernino...*, cit.

<sup>18</sup> Ivi, p. 178.

<sup>19</sup> Urbano VIII, Maffeo Barberini (1568-1644). Fu il duecentotrentacinquesimo papa della Chiesa cattolica dal 1623 alla morte.

<sup>20</sup> Innocenzo XI, Benedetto Odescalchi (1611-1689). Fu il duecentoquarantesimo papa della Chiesa cattolica dal 1676 alla sua morte.

<sup>21</sup> I tre matematici riportano in breve quanto contenuto nel libro di Baldinucci, che parla di una prima persona, senza fornirne l'identità, che dette il parere che il movimento della cupola derivasse dall'indebolimento de' piloni causata dai lavori i Bernini.

<sup>22</sup> Mattia de' Rossi (1637-1695). Architetto romano. Allievo di Bernini cui succedette nella carica di architetto di San Pietro. L'incarico a Mattia de' Rossi fu dato da papa Innocenzo XI.

<sup>23</sup> Carlo Fontana (1638-1714). Architetto, scultore e ingegnere di origine ticinese, autore di importanti scritti sulla Basilica di San Pietro e sul corso del fiume Tevere.

<sup>24</sup> Giovanni Antonio de' Rossi (1616-1695). Celebre architetto romano.

vembre 1680. pochi giorni prima della morte del Bernino, che seguì lo stesso mese, essendo Segretario ed Economo Monsig. Velpiniani<sup>25</sup>.

Dimostra il Baldinucci in primo luogo, che dette nicchie, [X] e pozzi per le scale a chiocciola fatte fabricare dal Bernino si vedevano in tutte le piante anteriori a' lavori di questo; sicche esso piuttosto aveva fortificati i piloni co' medesimi suoi lavori. Indi dà un distinto detaglio di tutti que' patimenti, che vi si erano ritrovati. Nomina in primo luogo la crepatura sopra il pilone della Veronica, di cui parla così. *Vedesi una molto antica crepatura nel mezzo del corpo di essa Cupola, larga in circa un oncia nella parte interiore cd a piombo sopra la nicchia del Volto Santo, e questa si estende in altezza, ma non giunge però all'apertura della lanterna o serraglio, che noi vogliam dire, ne tampoco si conduce nella parte piu basa, fino al giro del Cornicione; ma termina sopra il capitello del pilastro del tamburo<sup>26</sup> in oltre nella parte di fuori ove son le scale, che salgono nel corpo della Cupola fra l'una e l'altra grossezza risponde la stessa apertura<sup>27</sup>*. Indi poco più giù: *E falso, dice, che sia nuova quella piccola crepatura, che si vede nel corpo della Cupola. sopra la nicchia del Langino, (questa sta in faccia a quella della Veronica, o del Volto Santo) fra l'una Cupola e l'altra e che a pena dalla parte di dentro della Chiesa si riconosce...<sup>28</sup> oltre, che questa ne continua, nè si estende in se stessa; ma intermettendo, in alcuni luoghi, morta si rimane nel corpo della stessa Cupola<sup>29</sup>*. E più giù: *Si affaticano gli Avversarj in dire, e affermare, che mostri oggi la Cupola altre crepature nel corno verso la Chiesa, e sotto gli archetti della lanterna, e quelli che passano sotto i costoloni, ove è il corridore, che gira intorno fra l'una, e l'altra grossezza.... Se poi essi desiderano di sapere, che cosa siano questi peli, particolarmente quelli, che stendendosi sotto le volticelle, si veggono nelle face degli archetti, e similmente quello, che è in Chiesa sotto il riposo della mossa dell'arco, che fa adornamento, e mostra sopra l'aggetto de' 2. pilastri dell'imboccatura della Tribuna di S. Simone, e Giuda &c<sup>30</sup>*. Finalmente poco più giù parla di *alcuni altri piccoli peli, che si scorgono sopra le cornici, che fanno adornamento a' quadrilunghi, dove nelle parti in-*

---

<sup>25</sup> Scrive Baldinucci: «Trovandsi [...] in questo luogo il pilone salvo, intatto e a piombo; falso, vano e senza alcun fondamento di ragione sarebbe il concetto di chi volesse dire che il supposto movimento della cupola avesse avuta la sua cagione dal vano delle nicchie», F. Baldinucci, *Vita del Cavalier Gio. Lorenzo Bernino...*, cit., p.160.

<sup>26</sup> Ivi, p. 177.

<sup>27</sup> *Ibidem*. Questo brano è separato da quello precedente da un breve fraseggio non riportato dai tre matematici.

<sup>28</sup> Ivi, p. 181

<sup>29</sup> Ivi, p. 181.

<sup>30</sup> Ivi, pp. 181-182.

*teriori di essa Cupola sono gli Angioli di mosaico e immediatamente sopra le cornici de' tondi ove sono i Serafini*<sup>31</sup>.

Questo è tutto ciò, che ritrovasi presso il Baldinucci intorno a' danni, quali esso non istima recenti si per'altre ragioni, si perche [XI] *veggonsi (dice) le catene con i lor paletti da mezzo in sù a piombo con la lor colla attorno, che non punto s'è mossa di luogo, ne puo dubitarsi, che se la cupola avesse fatto nuovo movimento, avrebbe forzato esse catene, che la circondano che ... i paletti fitti negli occhi delle catene, o cinturini, o cerchi che dir vogliamo, che si vedono dal mezzo di esse catene in sù, sarebbero usciti di piombo*<sup>32</sup>.

Attribuisce ben esso tutti que' danni a quell'assestamento, che soglion fare massimamente le fabbriche grandi di questo genere restringendosi col proprio peso in se stesse; e non essendo in ogni parte lavorate con ugal diligenza, si aprono una volta in modo, che poi ferme rimangonsi, ed in un perfetto equilibrio.

Ma simile sentimento ci par, che fosse poco probabile anche in que' tempi, ed ora rendesi evidentemente falso confrontando questo stato presente con quel d'allora. Parci improbabile per que' tempi tal sentimento, perche essendo scorsi tredici anni dal terminarsi la Cupola al terminarsi i mosaici, aveva avuta la fabrica benche si vasta tempo d'avanzo di assettarsi, stringendosi in se stessa, ed asciugandosi in modo da non doversi più muovere.

Ora poi è assolutamente evidente il contrario per i tanto considerabili movimenti, che sono da quel tempo seguiti. In primo luogo di tanti danni, che si scorgono nella base del tamburo, ne' contraforti, nel tamburo stesso, e che noi abbiamo riferiti ne' primi sedici numeri, e ne' num. 24. 25. 26. è troppo improbabile, che se vi fossero stati allora, non gli avesse accennati punto il Baldinucci. Imperocche ne i tanti nemici del Bernino gli avrebbero lasciati andare sotto silenzio, nè essendo opposti da quelli, poteva esso tacerne, dove ne fa una sì lunga apologia. In secondo luogo que' danni, che allora erano tanto più piccoli nel corpo della Cupola, e nel Cupolino, ora sono tanto cresciuti. La crepatura sopra il pilone della Veronica, di cui abbiamo fatto menzione al num. 23. era allora di un oncia: ora secondo il num. 32. è di once quattro. Quella in faccia sopra il Longino era un semplice pelo interrotto: ora è una grande apertura continuata di due once e mezzo. Negli altri spicchi vi erano solamente in alcun luogo de' peli, nelle cornici de' mosaici: ora sopra gli altri due piloni vi sono delle aperture considerabili conforme al num. 23., per cui passa il vento dalla Chiesa fra le due Cupole; e negli altri spicchi si vedono delle aperture ne' [XII] mosaici stessi. L'apertura maggiore sopra la Veronica terminava su' capitelli de' pilastri del tamburo; ora arriva giù raddoppiata tra' pilastri, e la finestra passando per le basi, e piedestallo fin sotto il cornicione grande; e l'altra sopra il Longino che moriva nel

---

<sup>31</sup> Ivi, p. 184.

<sup>32</sup> Ivi, pp. 178-179.

corpo della Cupola, ora vien giù per il tamburo. Anzi di più se ne vedono sopra il tamburo medesimo nel cornicioncino dell'Attico ventisette in numero sì larghe, che messe insieme arrivano a ventiquattro once secondo il num. 32. I danni, che si scorgevano nelle volticelle del corridoretto sotto il Cupolino, ed altri attorno, notati da noi a num. 18. e 19. si sono tanto stesi in sù, che il Cupolino stesso è rimasto orizzontalmente diviso e di dentro in tutti i suoi pilastri, e di fuori ne' suoi contraforti conforme, a' num. 20 e 21. In terzo luogo vi sono de' movimenti, che in quel tempo certamente non vi erano: perche i paletti de' cerchi allora stavano a piombo: ora vene sono de' smossi per più once dal sito verticale, conforme al num. 23. come appunto dal Baldinucci si ricercava per conchiuderne un nuovo movimento.

Si ricava da tutto questo, che i danni d'allora tanto, al presente cresciuti non sono l'effetto di un edificio, che si assetta, e ferma senza nuovo pericolo; ma sono un continuato movimento, cominciato forse poco dopo terminata la fabbrica, e sul principio insensibile, ed ito poi crescendo sempre a poco a poco fino a quel segno, in cui ai presente si scorge. Ciò si conferma più chiaramente dalla memoria ancor fresca del ristuccarli di tutte le spaccature fatto 40. anni addietro dopo i terremoti seguiti sul principio di questo secolo; mentre ora si vedono riaperte di nuovo le stuccature antiche; ed una quantità prodigiosa di peli, ed aperture sensibili ne'travertini tanto de' contraforti giusta il num. 12., quanto di tutta la base, e di tutto il muro esteriore del tamburo, secondo i num. 1. e 14. si scorge in siti nuovi, e ne' quali non vi è alcun indizio di stuccatura. Ma molto più confermano questo continuo movimento que' marmi a coda di rondine, che messi attraverso alle spaccature antiche in questi ultimi anni, si sono o rotti, o distaccati conforme al num. 28., e più anche il pavimento rifatto pochi mesi addietro sotto gli archetti de' contraforti, i cui mattoni si sono cominciati si presto a distaccare, dando segno evidente di un moto, che sempre più va crescendo.

Prima di passar oltre a determinare il sistema generale del medesimo [XIII] continuo movimento ed assegnarne la causa, convien pur anche stabilire un principio troppo importante, ed è, che i fondamenti non anno punto patito, ed i piloni, che sostengono l'immenso peso della gran mole, non si son mossi. Di ciò ne siamo troppo pienamente persuasi per due ragioni, che a nostro giudizio lo comprovano ad evidenza. In primo luogo se i piloni avessero patito, o alcuno di essi si sarebbe abbassato più degli altri, o avrebbe dato in fuori: in amendue i casi converrebbe, che si fossero rotti non solo i due grandi arconi, che vi appoggiano, e reggono il tamburo, ma anche gli altri più piccoli delle navate laterali: e se il pilone si fosse abbassato, sarebbe scesa con essa la metà di ciascun de' due arconi attaccata al medesimo: se avesse dato in fuori, vi sarebbe un'apertura sensibile fra' due mezzi archi divisi. Or' i due arconi, che guardano la porta maggiore, e il cappellone, che rimane a man manca nell'entrare, sono del tutto interi. Negli altri due si vede in mezzo un leggier pelo, ma tale, che non dissesta l'arco nè coll'abbassarsi una delle due metà, nè col lasciare alcun sensibile, intervallo fra le due parti disunite. Nè può dirsi, che il peso abbia

fatti piegar i mezzi archi già disuniti, e gli abbia di nuovo ridotti ad un perfetto combaciamento: perche in tal caso nella, parte superiore di essi archi vi farebbe alcuna considerabile apertura in quel sito, ove fosse seguito l'incurvamento; e pure essi si vedono dalla parte superiore interi tutti conforme al num. 27.

In secondo luogo se i fondamenti, e i piloni avessero col suo patire cagionati i danni della Cupola, non sarebbero le aperture sì tenui verso il fondo della base del tamburo, e i maggiori allargamenti solo nelle parti più sollevate, come si è veduto, che accade al num. 2. dal quale si ricava che il fondo della medesima base, dove essa appoggia sù gli arconi, e sù i piloni è intero, e che di là in sù anno la sua origine le spaccature, che poi si vanno sempre più'dilatando.

Né prova punto, che abbiano patito i piloni il vedere che i danni maggiori sono sopra i medesimi, come si ricava da' numeri 2. 3. 23., ne'quali si vede, che le maggiori spaccature degli spicchi sono sopra i piloni, e che le aperture della base si di dentro, che di fuori piegano in giù verso i medesimi. La cagione di ciò si è, che il tamburo, dove corrispondono gli arconi appoggia sul vivo de' medesimi, ed ha il rinfiacco delle gran [XIV] volte delle quattro navate che non lo lasciano dar' in fuora: ma dove corrispondono i piloni appoggia in falso sulle velette, o volticelle triangolari, che rimangono fra un'arcone e l'altro, e manca alla base ogni rinfiacco, che facilmente poteva darselo col far, che i piloni si alzassero fino a pareggiare la sommità degli arconi: oltreche i quattro vani delle scalette a lumaca, che passano dentro al tamburo fra una finestra, e l'altra, e che corrispondono appunto sopra i piloni medesimi, rendendo quella parte di esso tamburo la più debole di tutte l'altre, sono stati la cagione, dell'essersi nel sito delle medesime scalette, o accanto ad esse fatte prima, che altrove, e più grandi le spaccature.

Stabilito ben questo punto, convien dir, che la Cupola abbia patito in se stessa. Ecco pertanto il sistema generale del movimento, che riputiamo abbia, fatto. Giacche i pilastri interiori del tamburo, e il muro suo esteriore sbilanciano in fuora secondo, il num. 29., convien dire da una parte, che il peso del Cupolino premendo in MN le due Cupole, e i costoloni continuati fra le medesime unito col proprio peso delle Cupole stesse abbia spinto in fuora il comune sostegno, che era il tamburo: dall'altra parte non trovandosi ne' muri T de' medesimi costoloni con diligenza esaminati alcuna apertura orizzontale toltane sù in cima OP, secondo il num. 18., ma sole aperture da alto in basso negli spicchi tra l'un costolone, e l'altro, e sol negli stipiti delle finestre della Cupola esteriore nel corridoretto K alcun indizio di moto orizzontale conforme al num. 30., convien dire, che in tale spinta i massi T de' costoloni medesimi siano rimasti interi, e tutti interi siano discesi in questo modo. Si consideri nella Fig. 2. Un costolone NIHM, che appoggia sul muro del tamburo HICD col contraforte AFC, che lo sostiene. Si è abbassato il costolone, e tutta la volta con esso in cima da

M fino ad  $m$ . Si è aperta in<sup>33</sup> l'imposta della volta stessa andando il punto H in  $h$ ; il muro DHIC del tamburo colla parte interiore della base, sù cui appoggia, ha girato intorno al cantone C andando in  $dhiC$ ; benché, come dopo si mostrerà, anche in se stesso sia rimasto sforzato in varie altezze, e aperto con peli orizzontali principalmente nel sito delle finestre, ove era più debole; e il contraforte con tutto quel pezzo di base, sù cui appoggiava ha girato intorno al cantone A.

Vediamo ora come a meraviglia, con questo sistema combinano [XV] tutti que' patimenti, che si sono osservati ne' 32. numeri. Essendo stato il muro DV del tamburo (Fig: 1.) spinto in fuori verso V, e resistendo a questa spinta tutto il gran masso della base DA col contraforte G, e muro del tamburo HI legati insieme; in cambio di essere rovesciato tutto unito aprendosi la base in D, e rotando in fuori sul punto A, al che si richiedeva, una forza molto maggiore, era troppo naturale, che trovandosi il muro AB troppo sottile, perché di soli dodici palmi, e la volta EF parimente di soli palmi nove, coll'apertura F nel contraforte G sottile anch'esso, perché di soli tre palmi e un quarto questo corpo si disunisse con una generale rottura, che tutta in giro salisse dal pavimento B del corridore per EFGm fino al cornicione del contraforte; acciò così più facilmente potesse darsi la leva ad ogni parte da se. Or un tal movimento si vede appunto a' num. 4. 7. 8. 9. 10. 12. 13.

Nel girare il masso ABCEFGm attorno all'angolo A doveva aprirsi di dentro verso B con una notevole generale apertura, che corresse per tutta la grossezza del muro BA. Questa è veduta ripartita in varie ne' num. 4. 5. ed essendosi al num. 4. notato ancora il distacco del pavimento dal muro esteriore BE, vi è certo indizio, che il moto cominci alquanto più giù, e che sotto il medesimo pavimento si troverebbero delle altre aperture orizzontali. Dall'altra parte non vi doveva essere in fuori verso A apertura alcuna orizzontale, come in fatti non se ne trova alcuna.

Era pur naturale, che andando in sù sempre più si allargasse la crepatura, come in un compasso aperto sempre si vanno discostando le punte l'una dall'altra nello scostarsi dal nodo, in cui si dividono, e si è notato al num. 11., che l'apertura FGm<sup>34</sup> va sù sempre più dilatandosi.

Piegando in fuori la base ABCEFG quanto più sale, tanto più il diametro, e la circonferenza de' circoli orizzontali devono essere cresciuti, onde per necessità vi si dovevano ritrovare delle aperture verticali, che nascessero verso il fondo A, e nel salire si dilatassero, e ciò si è osservato di fuori al numero 1.; e di dentro al numero 3.

Facendo forza tutto il peso della mole ABCEFGm nella parte esteriore A incrostata di travertini, era naturale, che i medesimi si dissestassero molto, e non reggendo all'enorme peso si [XVI] aprissero con delle spaccature, e peli minuti, e ciò si vede al numero 1.

---

<sup>33</sup> Nel testo mancano una o più lettere, forse «HI».

<sup>34</sup> Figura 1.

Essendovi da B fino ad  $m$  101. palmi, e da B fino ad A soli 14. cioè poco più, che l'ottava parte per ogni oncia di apertura in  $m$ , doveva in B trovarsi un ottava parte d'un oncia, anzi anche meno, se in A vi è alcuna compressione, e molto meno se sotto il pavimento vi siano delle altre, aperture orizzontali, e appunto si incontrano le aperture orizzontali verso B assai piccole rispetto alle verticali verso  $Gm$ .

Una volta, che rimanesse pendente in aria sull'appoggio A tutto il masso A-BEFG $m$ , e che il medesimo con aperture verticali fosse diviso in più pezzi, era naturale, che dove più, dove meno sdruciolasse alquanto in fuori, fiaccando anche più del dovere il muro dal pavimento, e alcuno degli archetti F col suo contraforte dal tamburo, e facendo venir in fuori alcuna parte della base più dell'altre vicine; e appunto ciò si nota nel numero 1.

Si vede dunque, che i contraforti con quel pezzo di base, a cui son rimasti uniti, sieguono a puntino il proposto sistema. Vediamo ora, come più chiaramente lo siegua il tamburo, e la Cupola.

Già si è notato di sopra lo sbilanciare in fuori tanto de' pilastri  $b$  interiori, quanto degli esteriori attaccati al muro del tamburo, come si nota al numero 29.

In questo piegare si devono ben vedere delle aperture orizzontali della parte di dentro, e niuna di fuori. Di queste se ne vedono alcune nelle commessure de' travertini ne' pilastri  $b$  al numero 25. e de' peli minuti verso Z ne' mosaici al num. 26.

Nel piegare in fuori verso HI il muro, divien sempre maggiore ogni circolo orizzontale convien dunque che vi si vedano delle aperture verticali, che andando in sù crescano e che però gli architravi delle finestre si rompano, o si distucchino; e ciò appunto si è notato al num. 24. nelle finestre interiori, e nelle esteriori a' numeri 1., e 14.

Rimanendo tutta la forza dell'appoggio sulla esteriore incrostatura de' travertini, sù cui rota tutta la gran mole, anche questi come quelli della base dovevano disestarsi, ed aprirsi in più luoghi, e ciò appunto si nota al num. 14., e a maraviglia vien comprovato lo stesso sforzo da quella spaccatura osservata al num. 15. [XVII] in uno stipite di finestra in  $a$ , il quale premendo al fondo il suo appoggio, è dovuto slamare in sù, lungo qualche sua vena trovata in quel sito.

Piegando in fuori tutto il tamburo, e distaccandosi con delle aperture verticali vicine alle scale, a lumaca, che vi corrono dentro, non potevano non dissestarsi considerabilmente le medesime, scale e ciò è seguito conforme al num. 16.

Facendosi verso V la spinta in fuori, doveva rompersi la volta verso  $ig$ , o ivi intorno, e ritrovarsi qualche legno di apertura tra il tamburo, e la volta della Cupola nella sua imposta, e qualch'uno ne' siti vicini, come nelle commissure de' travertini in  $mn$ , e ciò appunto si è osservato al num. 30.

Verso  $hq$  doveva dilatarsi più, che in alcun altro luogo il diametro della Cupola, e perciò crescere la sua circonferenza, e si è osservato al num. 32. che ivi si dilata detta circonferenza 24. once. Di queste la terza parte prossimamente è l'accrescimento del diametro, cioè once 8., e la metà di questo è l'accrescimento del semidiametro,



cioè la piegatura in fuori da  $Z$  fino a  $q$ , che resta di 4. onces; e appunto la pendenza de' soli pilastri si trova dove di 3. onces, dove di due e mezza, conforme al num. 31.

Convien però qui avvertire, che essendo i soli pilastri  $b$ , alti meno della metà della distanza di  $q$ , dal cornicione  $Z$ , dovevano essi sbilanciare meno di 2. onces, se la piegatura del tamburo colla base fosse stata tutta unita. Trovandosi, che essi sbilanciano più, convien dire che la piegatura siasi di molto accresciuta più sù, come farebbe al fine, o al mezzo delle finestre del tamburo, dove i vani delle stesse finestre lo rendevano tanto più debole. E appunto ciò viene anche confermato dal vedere i peli in  $z$  troppo minuti, colle aperture considerabili in  $b$ , e dall'esservi nel muro interiore  $CE$  del corridore una sola spaccatura verticale, indizio di poco dilatamento, e però di poco moto nel masso  $CD$ .

Non essendo potuto il cantone  $M$  andare nè in dentro, nè in fuori a causa del Cupolino, e del cerchione di ferro, che lo tiene stretto in se stesso, come pure per non potersi le sue parti ridotte a contatto compenetrare in se stesse, ed avendo l'estremità inferiore  $mn$  dato in fuori, conveniva, che ogni punto intermedio nell'abbassarsi desse in fuori, e tanto più quanto è più vicino al fondo, come facilmente dimostrasi. Quindi dovevano crescere tutti i circoli [XVIII] orizzontali della Cupola, il che non poteva accadere senza aprirsi a modo di mela granata di sopra in sotto, e tal rottura doveva farsi in primo luogo nel sito più debole; in secondo doveva diminuire sempre più accostandosi al Cupolino, sì perchè i circoli più alti sono minori, sì perchè meno dilatansi. E accaduto appunto così. Son rimasti intieri i costoloni, che son sì grossi, e la volta più sottile degli spicchi si è aperta per lungo senza vedersi aperture orizzontali; e le medesime aperture verticali andando in sù verso il Cupolino si restringono e si perdono affatto. nell'imboccatura di esso come si ricava da' num. 19. 22, 23.

La cima  $N$  (Fig. 2.) doveva entrar in dentro in  $n$  piegandosi la linea  $MN$  in  $mn$  nello scendere, qual moto venendogli impedito e dal Cupolino, e dal non potersi compenetrar le sue parti, che si toccano in giro, doveva il muro  $MN$  rompersi costringendo la parte superiore  $N$  a dare in dietro, e tal effetto si vede appunto nella Fig. 1. in  $OP$ , come è notato al num. 18.

Per la ragione medesima dovevano continuarsi i distacchi in giù sotto  $P$  lungo le commensure de' costoloni cogli spicchi, doveva rompersi la volticella sotto  $u$ , e portar la rottura tanto nel muro interiore del collo della Cupola, quanto, sopra gli archetti  $Q$ , e a mezzo i pilastrini  $R$ , dove le finestre indebolendo il tamburo del Cupolino stesso, anno dato luogo al generale distacco orizzontale, per cui la sua metà inferiore col collo della Cupola è rimasta sopra la Cupola interiore  $M$ , e la metà superiore co' contraforti è rimasta appoggiata sopra l'esteriore in  $N$  come appunto si vede ai num. 18. 19. 20. 21.

Ecco dunque con evidenza si chiara dedotti da quel sistema, che abbiamo formato, ogni più individuale circostanza di tanti e sì diversi movimenti che chi considera le conseguenze di quello, da se medesimo ne ricava tutto ciò appunto, che vi si osserva.

Potrebbe solo opporsi a questo sistema, che secondo esso doveva allargarsi la Cupola anche verso L, dove sono i cerchioni di ferro, i quali si sarebbero rotti. Ad una tale opposizione abbiamo tre risposte. In primo luogo non si può sapere di certo se in qualche parte sia pur seguita la rottura de' medesimi, cerchi, non essendo essi scoperti, fuorché in pochissimi siti. In secondo luogo posto anche, che non si siano rotti, come crediamo ancor noi, converrebbe sapere con quanta diligenza siano essi da principio stati lavorati [XIX], e se le commisture siano state ben saldate, e gli occhi ben ferrati co' paletti in ogni luogo. Vi è gran motivo da sospettarne sì perché questo lavoro fu fatto in fretta, sì perché il vede della negligenza notevole nell'esecuzione del cerchio inferiore, quale in alcuni siti si trova grosso sole due onces e mezza, cosa che fa temere, non vi sia in altri luoghi anche maggior sottigliezza, e che, rende inutile affatto tutta la grossezza maggiore dell'altre sue parti dovendosi in caso di rottura, romper sempre nel sito più debole. In terzo luogo (e ciò crediamo sia seguito almeno in gran parte) non è cosa nuova, che il ferro si estenda. Abbiamo in questo genere molti esperimenti de' più rinomati Autori. Neutono<sup>35</sup> ancora dove nel libro terzo de' suoi principj parla delle lunghezze de' pendoli, co' quali si è scoperta la variazione della gravità ne' diversi paesi, due ne porta, uno di Filippo de La Hire<sup>36</sup>, il quale osservò, che una verga di ferro, che d'inverno era stata di piedi sei, esposta al calor del Sole estivo era cresciuta due terzi di linea cioè una millesima ducentesima nonagesima parte di tutta se, l'altra del Piccart<sup>37</sup>, che notò una verga di ferro, che nell'inverno tra' geli era di un piede, scaldata al fuoco essersi allungata per una quarta parte di linea, cioè per una cinquecentesima settantesima sesta parte di se medesima. Quell'allungamento, che in poco tempo cagiona il caldo o del Sole, o del fuoco, lo deve qui aver prodotto in più d'un secolo e mezzo l'azione continua di una spinta così gagliarda.

Egli è ben vero, che qui il medesimo allungamento de' cerchj si raccoglie alquanto maggiore, e del primo prodotto dal Sole, e del secondo cagionato dal fuoco. Sono i medesimi cerchi poco più lunghi di 600. palmi onde col caldo riferito del Sole estivo

---

<sup>35</sup> Isaac Newton (1642-1727). Matematico e fisico inglese. Newton cita le esperienze di Philippe de La Hire e di Picard: «Infatti il signor Picard ha osservato che una verga di ferro lunga un piede, in inverno, durante un tempo gelato, riscaldata dal fuoco è diventata di un piede e  $\frac{1}{4}$  di linea. Inseguito il signor De La Hire osservò una verga di ferro, in un analogo tempo invernale, che era di sei piedi di lunghezza, ma quando veniva esposta al sole estivo diventava di una lunghezza di sei piedi e  $\frac{2}{3}$  di linea». I. Newton, *I principj matematici della filosofia naturale*, traduzione italiana della terza edizione di *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (1° ed. 1687; 3° ed. 1726) a cura di A. Pala, Torino, Hoepli, p. 658.

<sup>36</sup> Philippe de La Hire (1640-1718). Matematico, astronomo, architetto e pittore francese.

<sup>37</sup> Jean Picard (1620-1682). Abate e astronomo francese.

si sarebbero allungati per meno di mezzo palmo, che è la millesima ducentesima parte di palmi 600., e colla viva azione del fuoco un palmo e poco più tre minuti, che è la cinquecentesima ducentesima della parte de' medesimi 600. palmi. Or posto che per la scesa de' costoloni nella impostatura della volta in *hn* giusta il n. 3. ha seguita una dilatazione di palmi due; si ricava da un problema geometrico, che più giù sarà esposto, che la dilatazione nel sito del cerchio basso deve essere di palmi uno once sette, e nel sito del più alto palmi uno once due min: due, d'onde ne siegue che i medesimi cerchi sono ridotti ad una tensione così violenta [XX], che supera la stessa azione del fuoco, e però stanno in un evidente pericolo di rottura.

E questa appunto è la ragione, per cui ora si scorgono rimossi dal proprio sito conforme al n. 29. varj di que' paletti, che connettono insieme i diversi pezzi de' cerchi, quali paletti a' tempi del Bernino, quantunque già cominciato nella Cupola l'allungamento, si vedevano al luogo suo. Sul principio si andò allargando anche il ferro senza fare una notevole resistenza: ma cresciuta coll'ulteriore dilatazione della Cupola anche la pressione, e già allargatosi troppo, e però messo in uno stato troppo violento, ha fatto un tale sforzo, che per quanto poco il medesimo potesse agire sù i paletti si corti, e ficcati, tra gli occhi raddoppiati delle catene, che formano i cerchi; la troppo eccessiva tensione delle medesime pure gli ha smossi. Anzi da questo così violento moto de' paletti medesimi il nostro sentimento sempre più si conferma.

Parimente nulla puo conchiudere contro il nostro parere il vedersi, che i pilastri esteriori de' contraforti non sbilanciarono in fuori. Nel num. 31. si è veduto, che anzi alcuni di questi sbilanciano piuttosto anco in dentro, altri stanno a piombo a un di presso. Devono senza dubbio essere stati fin dal principio messi un tantino a scarpa, come quelli, che erano per esercitare l'ufficio di speroni, e però dove prima piegavano più indentro, ora o poco, o nulla vi piegano. Del resto non è mai credibile, che il muro esteriore del tamburo, e i suoi pilastri siano stati da principio fabricati colla pendenza in fuori. Avendola dunque ora, ed essendo di più disuniti da essi colla spaccatura FGm i contraforti, è chiaro ad evidenza, che i medesimi contraforti pendevano prima più d'adesso, se adesso pendono, e que' che stanno ora a piombo pendevano prima in dentro alcun poco.

Pare così messo fuori d'ogni controversia il nostro generale sistema del movimento seguito: vediamo ora quanto esso bene si accorda colle leggi della meccanica, ed insieme vediam la causa di tanto male. Sa ogni Uomo quantunque nulla versato ne' principj della meccanica, esservi in ogni grave un tal conato di scendere, che quando impedita gli venga la via diretta, vien giù anche obliquamente, e per ottener il suo fine, quando vi sia alcun ritegno, l'urta, e respinge. Così una palla pesante non solo scende a dirittura per l'aria libera, ma corre giù precipitosa per un pendio, e [XXI] rimuove gli ostacoli, che si frappongono per impedirle la scesa quantunque obliqua. Si vede ciò più a proposito pe'l nostro caso in un bastone MH (Fig. 3.) appoggiato fra due piani ben levigati MQ, QH il primo verticale, orizzontale il secondo. Si sforza esso di sdrucciolar fra' medesimi andando in *mb*, e se visi frapponga alcun'ostacolo

in H, lo spinge col proprio peso più, o meno, secondo che sia più o meno inclinato, e molto più gagliarda esercita in H la forza laterale, se verso la cima in M venga di nuovo peso aggravato.

Se or, in cambio del bastone vi farà (Fig. 4.) un arco di circolo MH; in cambio del piano MQ un cerchio MR, ed un corpo MTR, che impedisca al punto MA uscire dalla verticale MQ e in cambio del piano QH vi sarà un sostegno HDCI non troppo grosso in D C rispetto alla sua altezza; l'arco MH si per il proprio peso si per la spinta del corpo MTR, si sforzerà di scendere in *mh* dando la leva attorno al punto C al pilastro HDCI, che lo sostiene, e facendolo andare in *dhiC*, anzi se l'appoggio C non sarà invincibile, si sforzerà ancora di smuover in fuori lo stesso punto, se ivi non incontri un contrasto, che gli impedisca lo sdruciolare.

Or questo appunto è il caso del nostro sistema, e questa è la specie del movimento, che vi abbiamo riscontrato. RTM è il Cupolino, che preme i costoloni MH, e gli spicchi dell'una, dell'altra Cupola, su' quali esso appoggia. HC è il sostegno che i costoloni e gli spicchi col proprio peso, e colla pressione del Cupolino han cominciato a rovesciare, qual sostegno doveva esser composto da tutta la base, tamburo, e contraforti, se quella spaccatura, che divide la volta del corridor della base, e va su per i contraforti, non avesse fiaccati i medesimi colla parte esteriore, della base dal tamburo, e dalla parte interiore. Di qui convien cavar la teoria, con cui si deve esaminare, dove e quanta sia la maggiore spinta, quali, e quanti i contrasti, che le resiston'ora, e quando quella si trovi maggior di questi, dove convenga applicar i rimedj per fermar questo corpo, e assicurargli quella lunga stabilità, che tutto il mondo gli brama.

Sogliono gli Autori, che trattano geometricamente di somiglianti materie, nel considerare gli archi e le volte essere molto solliciti di ciò, che si richiede, perche essi in se medesimi non [XXII] si aprano; onde Filippo De La Hire nella sua Meccanica<sup>38</sup> determina il modo di fabricar la volta, e gli archi si fattamente, che ogni pietra o mattone colla forza composta da quella del proprio peso, e della spinta, che riceve da que' di sopra, venga a spingere l'inferiore a perpendicolo, nel qual caso anche senza calce, ed anche lasciate in modo le parti, che non vi fosse resistenza alcuna allo sdruciolare dell'una sull'altra, si sosterebbero da per se stesse, rimanendo ogni parte in equilibrio e lo stesso nelle Memorie dell'Accademia Reale di Parigi del 1729<sup>39</sup>. si trova con una grande semplicità ed eleganza eseguito dal Signor Cou-

---

<sup>38</sup> P. de La Hire, *Traité de mécanique, ou l'on explique tout ce qui est nécessaire dans la pratique des arts, & les propriétés des corps pesants lesquelles ont un plus grand usage dans la physique*, Paris, Imprimerie Royale, 1695.

<sup>39</sup> C.-A. Couplet, *De la poussée des voutes*, «Histoire de l'Acad. Royale des Sciences» [1729], Imprimerie Royal, Paris 1731.

plet<sup>40</sup>. Ma tali volte hanno non piccioli incomodi. Esercitano su' proprj sostegni troppa spinta orizzontale, e non si servono di quella forza, con cui la calce fà divenire ogni cosa sì fattamente un sol masso, che quasi con eguale facilità si rompono per attraverso i mattoni, con cui l'un dall'altro si staccano in occasione di rottura<sup>41</sup>.

---

<sup>40</sup> Claude-Antoine Couplet (1642-1722). Matematico e ingegnere francese.

<sup>41</sup> Per quello che riguarda gli studi sulla resistenza dei materiali con riferimento alla rottura degli elementi inflessi e tesi, ai tempi di Boscovich erano ancora attuali i lavori di Galileo Galilei (1564-1642) sulla resistenza delle travi, portati avanti tra gli altri da Leibniz (1646-1716) e Pierre Varignon (1654-1722). Vi erano poi i lavori di Edme Mariotte (1620-1684), Robert Hooke (1635-1703) sull'elasticità e quelli di Pieter van Musschenbroeck (1692-1748) relativi alla rottura dei materiali, lavori che sono portati avanti anche in Italia. Erano poi stati pubblicati da alcuni anni gli studi sulla trave deformabile di Jacob Bernoulli (1654-1705) e da poco quelli di Leonhard Euler (1707-1783). Per quello che riguarda l'analisi strutturale delle opere in muratura, in cui la verifica si riduce essenzialmente allo studio dell'equilibrio, erano sufficientemente noti i lavori di Philippe de La Hire (1640-1718) e di Claude-Antoine Couplet (1642-1722) sugli archi. Il "primo" a affrontare e risolvere alcuni problemi strutturali degli archi fu Philippe de La Hire con il *Traité de mécanique* del 1695. La Hire considera gli archi formati da conci in pietra che sono tenuti insieme dalle compressioni che si scambiano. Il lavoro del 1695 viene citato di solito per fissare una data a quo. In realtà solo con il lavoro del 1712 La Hire introduce un modello che permette di calcolare le spinte. Il modello è individuato ammettendo che l'arco si rompa più o meno a metà tra l'imposta e la chiave, dividendosi in tre parti: un grande concio in chiave e due conci, uno a destra e uno a sinistra dell'imposta; nel meccanismo di rottura non interviene l'attrito. Per risolvere il problema statico e determinare la spinta, La Hire utilizza la legge della leva. Un progresso importante si avrà con i due lavori di Claude-Antoine Couplet, con la *De la poussée des voutes* del 1729 e la *Seconde partie de l'examen de la poussée des voûtes* del 1730. La prima memoria considera conci senza attrito e rappresenta un miglioramento essenzialmente tecnico rispetto ai lavori di La Hire. La seconda memoria è invece fortemente innovativa. Essa considera conci con attrito e un meccanismo di collasso più articolato di quello suggerito da La Hire, ammettendo che l'arco si divida in quattro parti che ruotano l'una rispetto all'altra attorno a dei centri relativi di rotazione. Si noti che questo cinematismo, in cui è essenziale ipotizzare l'attrito per consentire la rotazione mutua dei conci, può servire anche allo studio degli archi in muratura (malta e mattoni o altro tipo), in cui non esistono dei conci predefiniti.

Un quadro abbastanza completo dello stato dell'arte sulla meccanica delle strutture nella metà del Settecento è presentato da Poleni nelle sue *Memorie storiche*. Nell'elenco seguente sono riportate le opere che egli cita, nessuna delle quali, però, fa riferimento esplicito alle volte, di cui non si è ancora compresa appieno la differenza di modellazione rispetto agli archi:

1. François Derand, *L'architecture des voutes, ou L'arts des traits, et coupes des*

I medesimi Autori per tanto, vanno esaminando la forza che si esercita da questi corpi contro i sostegni, considerandoli, come già rassodati in un sol masso, ma assume il primo nelle stesse Memorie all'anno 1712.<sup>42</sup> come principio provato colla sperienza, che gli archi e le volte sogliono rompersi verso il mezzo tra l'imposta, e la cima, e considera lo sforzo esercitato dalla metà superiore per rovesciare i due sostegni attaccati alle due parti inferiori; ed il secondo nelle Memorie del 1730<sup>43</sup> considera gli archi aperti dalla parte interiore in cima, e sull'imposta e, dalla parte esteriore verso il mezzo, e v'è determinando l'urto, che ne riceve il sostegno. Ma come nel nostro caso abbiamo senza aperture orizzontali i costoloni dalla cima fino all'im-

---

*voutes* ...., Nouvelle edition revue et corrigee, avec toutes les figures gravees en tailles douces, Paris 1743.

2. François Blondel, vari articoli nelle «Memoires de l'Académie des Sciences de Paris», 1666-1669.
3. Carlo Fontana, *Il tempio vaticano e sua origine*, Roma 1694.
4. Philippe de La Hire, *Memorie* citate.
5. Antoine Parent, *Essais et recherches de mathematique*, 3 vol., Paris 1713.
6. Amédée François Frézier, *La théorie et la pratique de la coupe des pierres et des bois...*, 3 vol., Strasbourg-Paris 1737-39.
7. Joseph Dulacq, *Théorie nouvelle sur le mécanisme de l'Artillerie*, Paris 1741.
8. «Storie e memorie dell'Académie des Sciences de Paris» dopo il 1699.
9. Claude-Antoine Couplet (erroneamente citato da Poleni come Pierre Couplet, figlio di Claude-Antoine), *Memorie* citate.
10. Iacopo Stirling, *Lineae tertii ordinis Newtonianae*, Oxford 1717.
11. David Gregory, *Scheda de curva catenaria*, «Philosophical transactions», 1697.
12. Johann Bernoulli, Gottfried W. Leibniz, Jacob Bernoulli, varie opere.
13. Jean-Baptiste Clairaut, *Methodus generalis inveniendi catenarias*, Miscellanea Berolinensia, vol. 7, 1743.

È possibile che i tre matematici non conoscessero tutti questi lavori, in particolare quelli che riguardano la catenaria. Del resto Poleni aveva una formazione un po' più ingegneristica, e aveva anche avuto più tempo per fare una ricerca bibliografica. Comunque per quello che mi risulta nessuno prima di Boscovich aveva studiato un sistema complesso come quello offerto dalla cupola di San Pietro. Complesso sia perché voleva spiegare il comportamento effettivo di una struttura esistente, sia perché la struttura era in muratura invece che in conci, sia perché si trattava di una cupola invece di un arco, sia infine perché voleva tenere in conto le catene circolari.

<sup>42</sup> P. de La Hire, *Sur la construction des voûtes dans les édifices*, «Mémoires de l'Académie Royale des Sciences» (1712), Parigi 1731, p. 69-77.

<sup>43</sup> C.-A. Couplet, *De la poussée des voûtes*, «Mémoires de l'Académie Royale des Sciences» (1729), Paris 1731, p. 79-117; Idem, *Seconde partie de l'examen de la poussée des voûtes*, «Mémoires de l'Académie Royale des Sciences» (1730), Paris 1732, p. 117-141.

posta, ed in cima dalla parte di dentro abbiamo i cerchi, ed il collo della Cupola, che impediscono tanto il ristringersi quanto il dilatarsi, con di più la pressione del Cupolino, che spinge in giù, il nostro caso è alquanto diverso, e richiede una particolare ricerca.

Prima di dare i fondamenti di questa convien riflettere, che due sono le forze, che spingono in fuori verso l'imposta *gi*, cioè il peso del cupolino, e il peso de' costoloni co' spicchj; e due parimente le forze, che resistono a tale spinta, cioè le catene circolari, o cerchi LL (fig. 1.), ed il sostegno oltre alla difficoltà, che si incontra nello staccar le parti. Il sostegno doveva essere *ADV<sub>m</sub>* composto dalla base, tamburo, e contraforti ridotti tutti in un masso; ma per la [XXIII] generale apertura *EFG<sub>n</sub>*, si è ridotto a due distinti, il primo de quali è il tamburo HI, col pezzo interior della base *CDF*; il secondo i contraforti *mGF* colla parte esteriore *ABE* della base medesima. L'aderenza delle parti, che resistono allo staccarsi doveva esservi in quattro luoghi principalmente; primo dovunque il sostegno doveva rompersi come in *ABCD*, o più alto per essere rovesciato; secondo, dove verso *V* nell'imposta doveva seguir la rottura; terzo, dove di cima a fondo dovevano aprirsi gli spicchi per lasciare, che li dilatasse la Cupola collo scendere de' costoloni; quarto, dove sotto il Cupolino dovevano farsi le aperture orizzontali *OP*, e nel Cupolino medesimo *RQ* per far dar' in fuori la punta *N*, che conforme alla fig. 2. nell'abbassarsi de' medesimi costoloni doveva rientrar indentro.

Il distacco, delle parti quanto fosse difficile, e che resistenza, abbia fatto non è possibile l'esaminarlo a minuto. Dipende esso in gran parte dalla qualità del cemento, e dalla diligenza del lavoro. Solo si possono avvertire due cose in generale: la prima che quanto meno è possibile devono della medesima resistenza nata dalla tenacità delle parti nelle fabbriche di vasta mole fidarsi gli Architetti, e tanto meno quanto è più vasta la mole; giacchè in esse molto più cresce il peso, che tira a rompere, di quello cresca una simile resistenza; mentre in parità d'altre cose la resistenza cresce in proporzione di quelle superficie, che li separano, e il peso in proporzione de' solidi, e quelle crescono ne' corpi simili come i quadrati, questi come i cubi de' lati corrispondenti, o che è lo stesso, la superficie in un corpo, la cui larghezza sia dupla o tripla di quella d'un altro simile, è maggiore a quattro, o nove doppi, e il solido nel primo caso ad otto, e nel secondo a 27. La seconda avvertenza, che convien fare si è, che negli ultimi trè luoghi non si poteva supporre gran resistenza, nel Cupolino per la picciolezza delle parti, ne' costoloni, e ne' spicchi per essere questo un edificio alzato tutto in un tratto con somma fretta in soli ventidue mesi; nell'imposta in *gi*, e più basso ove nasce l'ordin' Attico sulla cima del tamburo, si per la poca grossezza di soli undici palmi, si ancora perche si deve considerar ivi la congiunzione di una fabrica nuovaalzata sotto il Pontificato di Sisto con una vecchia gran tempo prima terminata dal Bonarota. La base in fondo per la grande grossezza doveva esercitare una gran resistenza, e perciò appunto il masso *CDF* è appena mosso non vi essendo, [XXIV] che una sola verticale apertura dalla parte del corridore giusta il n. 6., e la

tanta larghezza de' contraforti uniti in costa al tamburo doveva parimenti resistere molto: ma distaccati dal tamburo i contraforti troppo sottili è poi rimasto il medesimo troppo debole massimamente al piano *b* de' tanti vani delle finestre dove apariscono i maggiori indizj delle fratture orizzontali, e sù gli architravi delle finestre, medesime, e ne' siti vicini alle scale a lumaca accanto alle quali appunto, o nel sito stesso delle quali come in luogo più debole, si vedono le maggiori verticali aperture dello stesso tamburo.

Per metter' in conto le altre forze, e vedere se queste stanno in equilibrio conviene in prima determinare la quantità assoluta delle medesime, e poi quello che da' Meccanici chiamasi il Momento<sup>44</sup>. Per avere la quantità assoluta della forza, con cui agisce da una parte il Cupolino, e la volta della Cupola co' costoloni per spingere, e dall'altra la base, il tamburo, i contraforti per ritenere la spinta, conviene averne il peso. Per aver questo prossimamente noi in primo luogo fatto pesare con diligenza un masso di travertino, ed un'altro di muro di mattoni, calce, e pozzolana, abbiamo ritrovato che un palmo cubo del primo pesa libbre settantadue, e del secondo, libbre cinquanta incirca<sup>45</sup>, ne potrà essere troppo sensibile la differenza de' materiali posti in opera nell'edificio di cui si tratta.

Indi ricavate da' migliori disegni<sup>46</sup> le misure delle parti di questo smisurato corpo, e molte di esse verificate da noi medesimi, avendo anche riguardo di distinguere il travertino dal muro a mattone, e mettendo in conto la copertura de' piombi grossi due minuti, abbiam trovate le seguenti misure, che se non saranno giustissime, non si possono molto allontanare dal vero, sicchè introducano, error sensibile in ciò, che' apresso diremo.

Cupolino libbre poco più di 4. milioni cioè	4,081 461.
Cupole co costoloni poco più di 50. cioè	50,138 000.
Tamburo coll'ordin' Attico poco più di 48. cioè	48,013 750.
Contraforti poco più di 13. cioè	13,342 081.
Base poco più di 50. cioè	50,087 359.

<sup>44</sup> Questo è un termine galileiano.

<sup>45</sup> Una libbra romana è circa 339,1 grammi. Da questi dati, tenendo conto che un palmo cubo è  $22.316^3 = 11114 \text{ cm}^3$  si può dedurre la massa specifica del travertino e della muratura, data rispettivamente da  $72 \times 333,1/11114 = 2.197 \text{ t/m}^3$  e  $50 \times 333,1/1114 = 1.525 \text{ t/m}^3$ . Valori che sono analoghi a quelli riportati in molti manuali moderni di costruzioni.

<sup>46</sup> Non specifica quali. Potevano scegliere tra quelli di Carlo Fontana, stampati, e forse tra i rilievi di Vanvitelli. Qualche misurazione l'hanno fatta loro stessi. Da notare che le lettere che loro riportano nella figura 1 sono diverse da quelle usate da Fontana e anche da Vanvitelli e Poleni. Esse sono state verosimilmente apposte da loro stessi.



Per avere la forza assoluta de' cerchi, convien determinar quella forza, che può essere sostenuta da una verga di ferro di determinata grossezza senza esser rotta. Questa ce la daranno gli esperimenti ripetuti più volte da un de' più celebri professori di Fisica sperimentale, e più diligenti osservatori della natura, il Musschenbroek<sup>47</sup>. [XXV] Egli nel suo trattato della coesione de' corpi<sup>48</sup> ritrova che un filo tondo di ferro grosso una decima parte di un dito<sup>49</sup> del piede Renano non può esser rotto, che da un peso di libbre 450. che ridotte alle nostre (giacche le sue son d'onze 16.) fanno libbre 600<sup>50</sup>. Quindi essendo de' due cerchi di ferro il più alto largo onze quattro e grosso tre, ed il più basso largo quattro, e grosso in qualche luogo onze due e mezza solamente, dovendo essere la resistenza ne ferri di diverse grossezze in proporzione del numero delle fibre, che devon rompersi; e posto col Riccioli<sup>51</sup>, che il piede del Reno contenga 1218. di quelle parti, di cui il palmo Romano, ne contiene 886.<sup>52</sup>, si ricava, che la forza assoluta del ferro, che forma il primo, equivale a libbre trecento trentasei mila ottocento sessanta tre, e del secondo ducento ottanta mila settecento diciannove<sup>53</sup>.

Passando ora a' momenti di queste forze, Momento chiamasi da Meccanici l'energia<sup>54</sup>, con cui agisce una determinata forza, nelle particolari circostanze, nelle quali essa viene applicata. Per comprenderlo più chiaramente basta andar col pensiero a una stadera, nella quale un piombo stesso, che accostato all'appoggio, o come dicesi Ipomoclio si equilibra con picciol peso, discostato si rende abile a sostenerne uno a molti doppi più grave. Così parimente coll'ajuto di lunga leva, si smuove

<sup>47</sup> Pieter van Musschenbroek (1692-1761). Fisico olandese.

<sup>48</sup> «EXPERIMENTUM LXXVII. Filum ferreum crassitei A, fractum fuit a libris 450 pedetentim appensis [...]». Poco prima erano state precisate le dimensioni del filo: «Praeparata fuerunt ex quodlibet Metallo fila quatuor, crassissimi diameter erat 1/10 pollicis Rhelandici, hoc in posterum insignam littera A». P. Musschenbroek, *Physicae experimentales et geometricae, dissertationes utet ephemerides*, Lugduni Batavorum, apud Samuellem Luchtmans 1729. Le citazioni sono, nell'ordine, da p. 505 e da p. 495.

<sup>49</sup> Un dito corrispondeva a o 1/12 o a 1/10 di un piede.

<sup>50</sup> Dovrebbe corrispondere a una tensione di rottura di circa 396 Mpa, se si assume il dito 1/12 di piede, 275 Mpa se si assume il dito 1/10 di piede. Entrambi i valori sono vicini a quelli delle aste attuali in acciaio da costruzione.

<sup>51</sup> Dovrebbe trattarsi di Giovanni Battista Riccioli (1598-1671). Gesuita e astronomo italiano.

<sup>52</sup> Così un piede renano sarebbe circa 30.68 cm.

<sup>53</sup> Facendo i conti, si vede che si deve assumere una tensione di rottura di 275 MPa e quindi che per Boscovich il dito era 1/10 di piede.

<sup>54</sup> Qui c'è chiaramente una certa confusione terminologica, oppure una mancanza di precisione. Infatti Galilei chiama momento una quantità analoga a quella che Johann Bernoulli chiamerà energia.

da un uomo solo un gran masso, che molti insieme non possono senza simile ajuto. Dipende ciò da un principio sì generale, e sì ben provato in Meccanica, che niun altro ven'ha si benemerito. di grandi ed utilissimi ritrovamenti. Esso è il seguente. Due forze, che contrastano insieme, allora sono in equilibrio, quando la velocità del moto, che far dovrebbe la prima contro la direzione sua propria nell'essere superata dalla seconda tante volte è più grande della velocità, che la seconda avrebbe pur nella propria sua direzione, quante volte la seconda forza considerata in se stessa, è maggior della prima. Quindi ne viene che l'energia, o il momento di una forza cresce o scema, quanto pur cresce o scema la spiegata velocità e per avere la sua misura conviene moltiplicar essa forza per la via, che contro alla sua propria direzione farebbe se fosse vinta, e a feconda della medesima, se vincitrice.

Supposto questo principio, in primo luogo parci, che l'energia di una catena di ferro, curvata in cerchio debba crescere sopra quella forza assoluta, che avrebbe se distesa fosse in dirittura, in quella medesima proporzione, che ha la circonferenza del circolo al raggio, cioè [XXVI] poco più che a sei doppj. Imperocchè, si concepisca distribuita una forza per tutta la circonferenza di un cerchio, che da essa venga costretto a distendersi, e dilatarsi fino all'atto di rompersi, ed una verga di ferro uguale distesa in dirittura venga tirata da un'altra forza, come farebbe un peso attaccato verticalmente, che la riduca al medesimo estremo. In questo secondo caso la discesa del peso nel tender le fibre di quella sarebbe uguale alla somma delle tensioni<sup>55</sup> di tutte quante le fibre disposte lungo la stessa verga, ma nel primo dilatandosi il cerchio, e crescendo così la sua circonferenza, la forza che lo costringe, a dilatarsi non si avanzerebbe, se non quanto cresce il raggio del circolo, mentre la somma delle tensioni delle medesime fibre disposte in giro sarebbe uguale all'accrescimento di tutta quanta la circonferenza. Sono questi accrescimenti in proporzione del raggio medesimo alla circonferenza. Converterà dunque, che l'energia, della catena curvata in cerchio cresca sopra il momento della distesa nella medesima proporzione della circonferenza al raggio<sup>56</sup>.

---

<sup>55</sup> Estensioni, allungamenti.

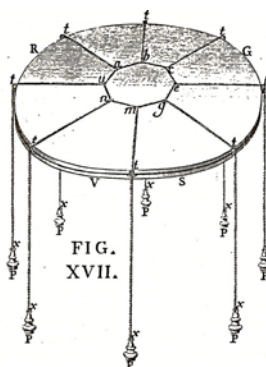
<sup>56</sup> I tre matematici stanno proponendo la seguente regola: *Il lavoro virtuale  $L$  di una catena sollecitata da una forza costante di trazione  $N$ , soggetta a una variazione  $\Delta r$  del suo raggio, è fornita dalla relazione  $L = 2\pi \Delta r$ .* Il ragionamento sviluppato per giustificare tale regola è semplice e convincente seppure non completamente rigoroso, per cui lo stato logico della regola riportata sopra è più quello di un principio che di un teorema. L'argomentazione si può seguire abbastanza bene, pensando invece che al lavoro virtuale, all'energia elastica, concetti allora non completamente distinti, anche in Boscovich. L'energia elastica di una catena di raggio  $r$  soggetta a una tensione di trazione  $N$  non cambia se si immagina la catena raddrizzata a formare una fune di lunghezza  $l = 2\pi r$ .

Indi ricavasi, che il primo resisterebbe a una forza equivalente a poco di due milioni di libbre cioè a 2.116.571., ed il secondo a poco più di un milione, e tre quarti cioè 1.763.809<sup>57</sup>.

Dal principio medesimo si ricaveranno pur anche le proporzioni de' momenti de' pesi, che qui contrastano, se si determini la proporzione delle salite, o discese, che far dovrebbero i centri di gravità de' medesimi, seguendo il moto, ne' quali centri di gravità agisce in modo la forza tutta de' corpi gravi, come se appunto tutta fosse in quella raccolta, Basterà solo sciogliere il seguente problema geometrico, di cui abbiamo una molto semplice soluzione, e il quale da' Periti de' moderni metodi potrà risolversi lenza difficoltà.

Questa energia si trova con la relazione  $L = N \Delta l = N \Delta 2\pi r = 2\pi N \Delta r$ , che è appunto il risultato di Boscovich.

<sup>57</sup> Data l'importanza della regola per il calcolo della forza totale delle catene riporto nel seguito quanto scritto da Poleni nelle *Memorie istoriche*. Poleni non è completamente convinto della "dimostrazione" di Boscovich e preferisce una verifica empirica, asserendo: «Io in questa materia ho creduto di dover sostituire gli occhi allo studio delle ragioni».



Poleni sottopone un anello ottagonale posato su un piano orizzontale, contrassegnato con le lettere *a, b, c, e, m, n, u* nella figura a lato, a otto pesi *x*, che fa crescere sino a ottenere la rottura del filo dell'anello, per un carico complessivo, somma degli otto pesi, pari a 78 libbre, «cioè una libbra e mezza più di quello che avrebbe portato il sestuplo del peso delle 12 libbre ed Oncie 9, con cui il filo perpendicolarmente fu rotto». L'esperienza di Poleni si riferisce a una trazione del filo causata dall'esterno, ma secondo lui, le cose rimarrebbero le stesse se ci fosse una trazione proveniente da spinte dall'interno. Resta così confermato che la forza complessiva di compressione sulla cupola esercitata dai cerchi di ferro è circa sei volte il valore della tensione del cerchio.

Ecco il problema. *Tra una verticale MQ (Fig. 5), ed un'altra orizzontale QH data la linea retta MH, connessa in H con un'altra CH; date di più TA, VR perpendicolari alle, medesime, e fatta girare CH in Ch, e scender MH lungo la verticale in mh si cerca in che proporzione saranno fra di se le discese de' punti M, A, R, ed il recesso orizzontale de' punti H, A dalla verticale, QM nel primo principio del movimento.* Sciolto detto problema si avrà l'intento. La discesa del Cupolino sarà rappresentata da quella del punto M, le discese, o [XXVII] salite di A ed R rappresenteranno quelle de' centri di gravità il primo de' costoloni co' spicchi, il secondo del sostegno, che si rovescia attorno al punto C; e se in luogo del punto A si sostituisca il sito de' cerchi di ferro, si avrà la forza impiegata lateralmente per dilatar essi cerchi. Anzi riferite tutte le forze al moto orizzontale del punto H, in cui siegue il contrasto; potrà determinarsi a quante libbre di peso ivi lateralmente applicato per tirare, in fuori, o respinger in dentro equivalga ciascuna: cose tutte, che gl'Intendenti in geometria, e versati nel calcolo potranno agevolmente trovare da se, medesimi, e sulle quali non ci par questo luogo di più diffonderci, bastando solo, se ne dia il risultato.

Innanzitutto conviene distinguere due casi. Si concepisca in primo luogo la base col tamburo, e contraforti stano stati saldi ed inseparabili, ed abbiano dovuto tutti insieme, rialzarsi attorno al punto A nella Fig. 1., seguendo la rottura da A fino a D. Indi si concepisca, che seguita piuttosto la divisione EFGm, abbia dovuto rovesciarsi il masso ABm attorno al punto A, e la piegatura maggiore orizzontale si sia dovuta fare nel tamburo più debole in più luoghi sopra, e sotto le finestre, e principalmente nel sito delle medesime; la volta poi della Cupola abbia dalla parte interiore dell'imposta, e il tamburo dalla sua parte esteriore fatta una sensibile compressione. In questi due casi si confrontino le forze tutte che spingono in fuori, con quelle, che resistono alla spinta, paragonandole con altrettanti pesi, che applicati lateralmente nel sito dell'imposta sopra n avrebbero l'energia medesima in ordine, allo spingere, e resistere e ritenere la spinta. Il primo caso ci darà quello, che sarebbe seguito, se rimaneva intera la base co' contraforti; il secondo ciò, che siegue al presente doppio fatta la spaccatura EFGm.

Primieramente si trova, che in ambi i casi la forza de' cerchi riferita, così al sito dell'imposta è sempre la stessa equivalendo il più alto a poco

più di un milione e un quarto di libbre, cioè a 1.278 638.

Ed il più basso a poco più di un milione e un terzo cioè, a 1.396 280.

E però fra tutti due a poco più di due milioni e due terzi cioè 2.674 919.

[XXVIII] Nel primo caso poi le resistenze dell'Attico, Tamburo, Contraforti, e base passano diciotto milioni e un terzo facendo 18.373 475.

Che congiunte colla resistenza de' cerchi passano 21. milioni. Ma la spinta del Cupolino sarebbe stata minore di due milioni di libbre cioè 1.853 235.

La spinta poi delle Cupole co' costoloni non solo non vi sarebbe stata, ma di più si sarebbe cangiata in resistenza, trovandosi, che il centro di gravità, in cambio di

scendere farebbe stato obbligato a salire, e però avrebbe impedito, non ajutato il moto della base, e del tamburo. Sarebbe dunque stata in tal caso di gran lunga superiore alla spinta la resistenza; onde ricavasi ad evidenza, che se non seguiva quella divisione fatale de' contraforti, e della parte esteriore della base dall'interiore, e dal tamburo; non si sarebbe potuto mai muovere in fuori il sostegno, nè avrebbe mai l'edificio sofferto alcun danno.

Nel secondo caso non è possibile il determinare appuntino quante sieno le piegature del tamburo, dove esse sieno, e quanta sia stata la compressione tanto sul muro esteriore di questo, quanto sull'imposta interiore della gran volta; quantunque e si dimostri abbastanza, che le piegature sieno molte, dal vedersi nella parte interiore molte aperture orizzontali, e si deduca assai chiaramente che non piccola sia la compressione tanto nel tamburo di fuori dall'esser'ivi stritolati i travertini, quanto sull'imposta di dentro dall'esser troppo più tenui le aperture de' travertini nell'Attico esteriore in *mn*, di quello richiederebbe lo sbilanciar, de' pilastri, e l'allargarsi per tante once la circonferenza orizzontale in tal sito.

Giudichiamo però di non dilungarci molto dal vero, se consideriamo le piegature tutte come raccolte e unite in una sola al fondo delle finestre ivi appunto, dove in *a* si vede slamato lo stipite, e tale la compressione tanto esteriore ne' medesimi siti, quanto interiore nell'imposta, che nella Fig. 5. il punto H della linea CH., non debba elevarsi sopra l'orizzontale QH, ma rimangasi al suo livello. In tal caso parte coll'ajuto dell'esposto problema, parte con una piccola aggiunta, che convien farvi per determinare il momento de' contraforti staccati, e della parte esteriore della base troviamo, che equivale la spinta [XXIX]

Del Cupolino a quasi 3. milioni di libbre, cioè	2.961 060.
Delle Cupole e costoloni a quasi, 6. e mezzo, cioè	6.412 590.
Che messe insieme fanno più di 9. milioni. cioè,	9.373 650.
La resistenza dell'Attico meno di un milione, cioè	0. 867 444
Della parte smossa del Tamburo poco, più d'un milione, e un quarto, cioè	1.266 690.
De' contraforti staccati poco più di mezzo milione, cioè	0.574 555.
Della parte esteriore della base tre quarti in circa, cioè	0.752 686.
Che messe insieme colle resistenze de' cerchi, cioè con	2.674 919.
Appena equivalgono a 6. milioni di libbre, cioè	6.136 294.
Vi rimane dunque più di tre milioni di sbilancio, cioè -	3.237 356.

e vi sarebbe rimasta ancora alcuna cosa di più, se si fosse considerata più alta la piegatura, o maggiore la compressione, ma questo solo è pur molto se si considera, che è più della metà di tutta la resistenza della base, tamburo, contraforti, Attico, e cerchi, che al preferite si trovano.

Questo sbilancio premendo continuamente il Tamburo e i cerchi, ha costretto il primo a piegarsi, ed i secondi a dilatarsi, e distendersi all'estremo, ed avrebbe senza riparo rovesciato quello per terra, e infranti questi, se il contrasto della punta N, che

non può entrare in dentro senza ulteriore scompaginamento del Cupolino, nè ritirarsi in fuori senza rompere assai più, e distaccare in OP i muri de' costoloni, non avesse trattenuto il movimento, e la rottura. Non cessando però mai lo sbilancio del peso a premere, e distaccare le parti, e servendosi pure a tale effetto di ogni piccola scossa di Terremoto d'ogni rimbombo di tuono, d'ogni percossa di fulmine, che da se soli non basterebbero a dissestare un edificio, di tanta ampiezza, si può con ragione temere una rovina irreparabile, quando non vi sia provveduto per tempo con un efficace rimedio.

Così rimane a giudizio nostro messa del tutto in chiaro la causa di tutto il male: essa è stata la forza laterale della Cupola, e Cupolino, che anno spinto in fuori il sostegno, ed i cerchi, e l'insufficienza de' cerchi, e del sostegno per impedire la medesima spinta, essendosi renduto il secondo incapace di sostenerla per la divisione occasionata dalla troppa altezza del corridore CEB, per cui è rimasta la volta EF colla sola grossezza di nove palmi, e della troppa sottigliezza de' muri de' contraforti FG grossi non più di tre palmi e un quarto. [XXX]

Venendo ora a' rimedj premettiamo in primo luogo, che se alcun sene trova efficace a rimuovere ogni pericolo di rovina che lasci alla fabbrica e la vaghezza, e i comodi, che gode al presente, questo si deve preferire ad ogni altro. In secondo luogo non conviene tenerli in un semplice equilibrio, ma raddoppiare le resistenze in maniera, che se mai per accidente impensato una parte mancasse sussista l'altra; dal qual principio si ricava, che conviene in tal modo stabilire in se stessa la Cupola, che non possa più spingere lateralmente il suo sostegno, e riunire in tal modo il sostegno, che da se solo resti capace a fermare ogni spinta.

Con questi principj avanti agli occhi, si consideri, che tutti i rimedi somministrati dall'arte possono ridursi a tre classi. Primo fermar il moto con cerchi, catene, e palettoni di ferro: secondo murare in alcun luogo o per, de' vani, o per far de' speroni; terzo sgravare in alcun luogo di peso non necessario la fabbrica. La prima classe la riputiamo la più efficace, ed anche la più opportuna di tutte, come quella, che nè toglie l'ornato, nè leva i comodi. Dalla seconda pensiamo possa ricavarci alcun vantaggio considerabile: la terza ci sembra affatto infeconda.

Per far che la Cupola non eserciti più alcuno sforzo laterale pensiamo debba essa cingersi verso la sua imposta sopra  $n$  con un cerchio di ferro largo almeno cinque once, e grosso tre, e tre minuti. Ivi la resistenza d'un cerchio a quel moto orizzontale, che abbiamo detto, si dimostra dover esser maggiore che in alcun altro sito, e questa equivarrebbe ad una forza quasi appunto uguale allo sbilancio de' tre milioni di libbre cioè di 3 174 857. Un altro cerchio stimeremmo opportuno in cima verso  $N$ , che stringendo la Cupola esteriore come un' altro stringe l'interiore in  $M$ , non permettesse alla medesima di dar in fuori, e lasciar luogo alla discesa. Sarebbe un'altro cerchio molto utile in alcun luogo verso il mezzo della Cupola in  $T$  sù questo riflesso. Finche in  $n$  hanno avuto i costoloni libertà di sdruciolare in fuori, e cedere al proprio peso, ed a quello del Cupolino, si sono ben distaccati gli uni dagli altri, ma

son rimasti senza rottura. Ora che aggravati di peso di sopra, e fermati co' cerchi di sotto, non resistono verso T ad una divisione orizzontale, che colla sola tenacità delle parti, potrebbe accadere, che si rompessero verso un tal sito. Un cerchio di qualche giusta grossezza ivi messo, avrebbe, insieme un uso [XXXI] doppio: toglierebbe un tal pericolo d'apertura, e infime in ordine all'impedire la discesa obliqua de' costoloni equivalerebbe ad una resistenza laterale applicata in  $n$ , che determinata la sua grossezza, ed il sito preciso dove tornasse più comodo il collocarlo, si può facilmente co' sudetti principj ridurre a calcolo.

Così la Cupola si fermerebbe in se stessa, compensati con tali rimedj, que' milioni di sbilancio, che abbiám trovati; ma conforme al secondo de' due premissi principj convien'anche pensare a stabilir il sostegno. Questo poteva nell'atto stesso del lavorarsi, rendersi assai più stabile, rendendo unita in un sol masso la base, senza forarla con un corridore sì ampio, e sì elevato, ed ingrossando i muri de' contraforti troppo sottili. Ora l'empire il corridore ci par cosa del tutto inutile: Imperocché ne può servir'esso per, appoggiare la volta  $Ff$ , che non fa forza di scendere, ma di girare attorno al punto A, ne per fermare il masso ABE, con cui non può fare gran presa, non legando mai bene il nuovo col vecchio, ne finalmente per fermare il masso CFD, che non si muove sensibilmente, giacché in esso non vedesi più d'una sola apertura verticale, che denoti dilatazione, e l'urto più sensibile si esercita più in alto contro il tamburo più debole massimamente nel sito delle finestre.

Per la stessa ragione, non riputiamo punto opportuno l'empire alcuna delle quattro scale a lumaca, che vanno su per il tamburo, non dovendovi in tal rimedio essere alcun vantaggio contro la forza, che apre verticalmente il tamburo medesimo, e picciolissima contro quell'altra, che lo spinge in fuori. Serve molto il riempimento de' vani, dove si tratta di sostenere le volte, o gli architravi de' medesimi vani che vengono giù con ciò, che reggono; ma poco o nulla ci par che possa giovare nel caso nostro. Così pure il ristrire, o abbassare l'archetto F, fa qualche cosa, in quanto accresce la resistenza alla separazione delle parti, coll'accrescer le parti sue proprie, che in caso di rottura si avrebbero da separare, ma è così piccolo un tal vantaggio che un'oncia sola di più, che avessero di grossezza i contraforti sarebbe, più che alcuni palmi di tale restringimento, come si può dimostrar facilmente.

Per riunire il sostegno approviamo piuttosto trè gran cerchi di ferro, con delle catene, e palettoni. Il primo di questi si deve [XXXII] mettere nel muro interiore CE del Corridore in cima verso la volta, il secondo fuori del corridore nella base esteriore a livello del primo; il terzo sotto il cornicione  $m$  del tamburo. Le catene sotto ogni contraforte devono unire i due cerchi della base passando per la grossezza E del muro AEB. Da queste catene sarebbe bene far salire de' palettoni in sù, finché arrivassero ciascuno ad inserirsi in una catena orizzontale attaccata al cerchio messo sotto il cornicione  $m$ , anzi sarebbe bene sopra gli archetti F de' contraforti far passare dentro i medesimi un'altra catena, che tenesse più fortemente attaccato il costolone al tamburo. Nel mettere dette catene, e massime la più alta sotto  $m$  si deve usar

l'avvertenza, che esse abbiano più occhi l'uno lontano alquanto dall'altro, ne' quali venga in modo inserito il palettone, che non si possa aprir l'angolo, come si vede nella fig. 6. ma sempre questo rimanga perpendicolare a quella. Gioverà questa avvertenza a far sì, che i palettoni medesimi colle catene equivalgano ad un cerchio, con cui si stringessero in se stessi ed attorno al tamburo i contraforti.

I cerchi giù della base serviranno principalmente per impedire ogni moto orizzontale, con cui potesse essere spinto in fuori il muro AB, ma faranno una forza molto minore per impedire la leva, ed il giro attorno al punto A, dovendo per tale effetto d'esercitar la quinta parte di quella forza, che eserciterebbero in cima verso l'imposta; onde a tal fine gioverà molto più l'altro messo sotto il cornicione *m* tanto più lontano dall'appoggio A della leva. Fatto il conto della forza di questi cerchi si trova, che in ordine ad impedire un nuovo distacco de' contraforti, e della parte esteriore della base dal tamburo, e dalla parte interiore della medesima, il cerchio messo fuori del corridore con quello messo sotto il cornicione *m*, quando sieno della stessa larghezza, e grossezza con quello messo sull'imposta della Cupola sopra *n*, fra tutti due faranno lo stesso effetto, che il medesimo solo equivalente a poco più di 3. milioni di libbre. Le catene messe in mezzo de' contraforti, e in cima ad essi, con quelle messe tra' due cerchi di fondo tutte assieme lo faranno anche molto maggiore; onde crediamo, che rimarrà assicurata la stabilità al sostegno, il quale ridotto tutto ad un corpo ne potrà essere più disunito ne rovesciato.

I muri de' contraforti son tutti, e spaccati, e scompaginati, tanto, che in qualche luogo minacciano anche imminente rovina. [XXXIII] Vanno essi perciò rifatti, e i palettoni, e le catene, di cui abbiám parlato, potranno con tale occasione collocarsi tra' travertini. Per avere più resistenza ad una nuova divisione potrebbero anche ingrossarsi almeno per un palmo que' muri de' contraforti medesimi sopra gli archetti, che ora non eccedono la grossezza di tre palmi, e un quarto. Nel rifarli però conviene avvertire primo di puntellare bene attorno il tamburo, secondo, terminato il primo di attaccare il lavoro dalla parte diametralmente opposta, nè mai buttarne giù due contigui l'un doppio l'altro.

Così stabilita anche la base vi rimane solo un pericolo, che la spinta orizzontale rompa in *mn* l'ordine Attico, come già l'ha cominciato a scomporre. A ciò potrebbe facilmente ovviarsi coll'alzare sopra il cornicione de' contraforti in *m* uno sperone ben centinato, che andasse a ripigliare la Cupola più alto in *n*. Potrebbe il medesimo cominciarsi con un zoccolo, che sostenesse una Statua, e servisse insieme di peso, ed ornamento, e tanto più, che in tale guisa verrebbe ad eseguire la mente del Bonarotta, in un disegno del quale si vedono in detto sito le Statue. Per entro a tali speroni farebbe bene dirizzare in sù un palettone di ferro, che unisse insieme il cerchio messo in cima al tamburo sotto *m*, e l'altro in fondo alla Cupola sopra *n*, quali palettoni verrebbero a congiungere sempre più col tamburo la Cupola stessa, e in tal maniera sì, avrebbe un corpo ben concatenato, e connesso, e così dalla seconda classe si sceglierebbe un rimedio, che insieme ornasse, e stabilisse la Fabrica.



Ogni altra cosa di quelle, che abbiamo udite progettare per il desiderato risarcimento, ci pare o superflua, o inutile o nociva. E di parere più d'uno che si debbano alzare in sù i quattro piloni e da essi gettar'addosso al tamburo quattro grandi speroni. Servirebbe certamente un tal ripiego ad impedire al tamburo il moto in fuori ma oltre, che forse di troppo peso aggraverebbe i fondamenti; non può negarsi, che toglierebbe all'Edificio in gran parte almeno quella vaghezza, che gode al presente. Potendosi dunque lo stesso fine ottenere senza simile pregiudizio, come abbiamo dimostrato di sopra, ci pare debba rifiutarsi un tal progetto conforme al primo de' due premissi principj. Al più si potrebbero alare i piloni poco più sù fino alla cima degli archi, per impedire con sicurezza anche maggiore ogni moto orizzontale alla [XXXIV] base, nel qual caso converrebbe portar avanti le scale: ma per quanto possa esser utile un tal rimedio, non lo reputiamo però necessario.

Molto meno si deve udire, chi progettasse di demolire il Cupolino, o i suoi ornati; o chi volesse, che si scoprissero di piombi, e si coprissero di rame, o i soli costoloni, o tutta quanta la Cupola. Il primo toglierebbe senza necessità un grande ornamento alla Fabrica, ed il secondo prescriverebbe un'immensa spesa con un vantaggio poco, o nulla sensibile. Due minuti di piombo troviamo che pesano quanto un quarto di palmo in circa di muro a mattone sì che tanto fa la copertura di piombo, quanto farebbe un'ingrossamento della Cupola per un quarto di palmo. Tra tutte due le Cupole son grosse dodici palmi; onde un quarto di palmo vien'ad essere in circa una quarantesima ottava parte di essa grossezza, che non è molto sensibile a paragone della medesima, e molto meno è sensibile rispetto a' costoloni tanto più grossi. Ma l'andar dietro a tutti quanti i progetti sarebbe cosa troppo lunga, ed inutile.

Potrebbe forse temer alcuno, che anche i rimedj da noi addattati non sieno col loro peso di pregiudizio; Ma svanirà ben tosto ogni timore se si consideri, che in ordine al dar la volta al tamburo, non solo essi non nuocono punto, ma giovano; mentre toltine i soli due cerchi più piccoli, che devono mettersi a mezzi costoni in T, ed in cima alla Cupola esteriore in N, son tutti gli altri collocati in tali siti, che accrescono la resistenza e non la spinta. In ordine poi all'aggravare i fondamenti suoi tutti insieme questi pesi una cosa poco temibile rispetto all'immenso pelo di tutta la Cupola presa dalla sua base fino alla cima del Cupolino. Troviamo che messi in conto i sei cerchi, e tutti i palettoni catene da noi prescritti, di poco o niente passano trecento mila libbre. L'ingrossamento de' contraforti, le statue colle basi, e i speroncini da collocare in cima de' medesimi contraforti per fortificare l'Attico non giungono a due milioni e mezzo; sicchè messo ogni colà insieme, avremo presso a due milioni e ottocento mila libbre. Or la Cupola dalla base in sù pesa più di cento sessanta cinque milioni e mezzo, come si ricava da' calcoli esposti sopra, farà dunque il peso da noi aggiunto una sessantesima parte del tutto, cosa poco sensibile, e più insensibile ancora, se si confronti col peso tanto più enorme de' quattro vastissimi piloni, da' quali vengono pure premuti i fondamenti medesimi. [XXXV]

Tutto ciò, che abbiamo detto fin'ora appartiene all'assicurare in avvenire di ogni pericolo questo grande edificio, e a riparare a que' danni più principali, che potevano tirarsi dietro delle conseguenze troppo funeste. Ora vi resta solo l'avvertire di più, che in molti luoghi si richiedono de' rassetti più minuti, sù de' quali non crediamo opportuno il diffonderci d'avvantaggio.

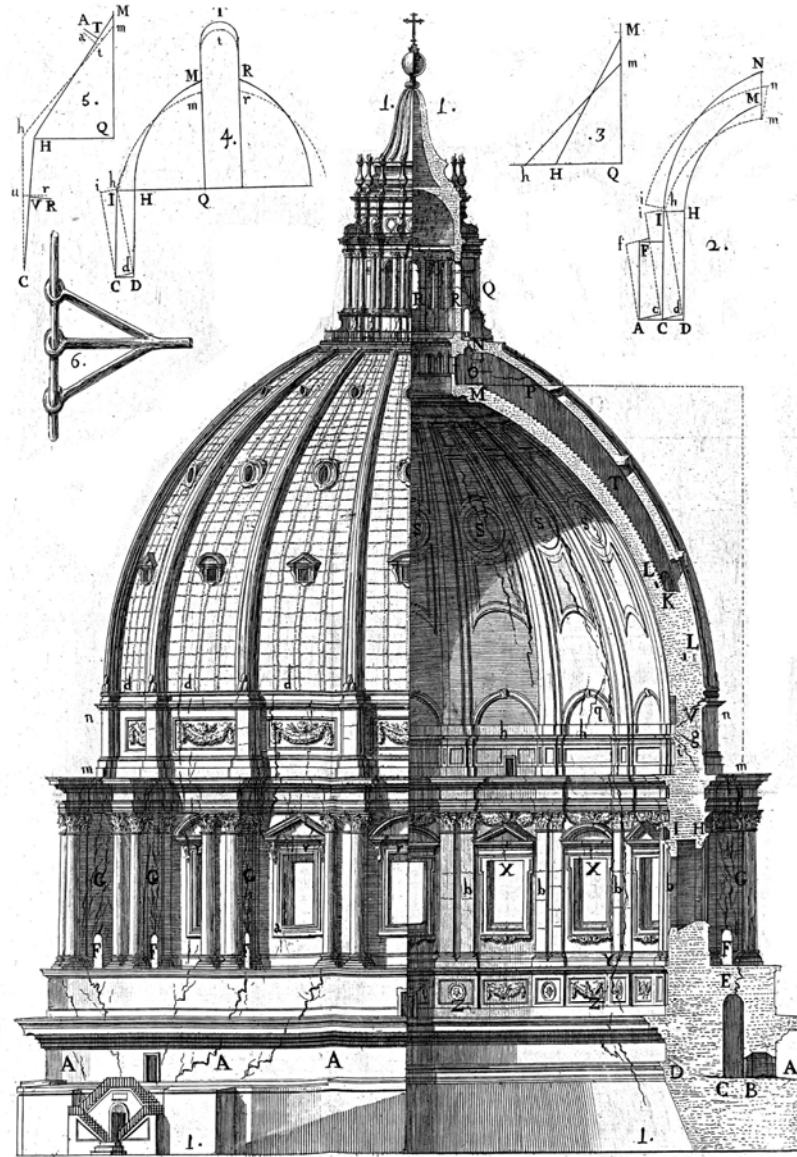
Così ci pare di avere adempite appieno le parti del nostro debito. Abbiamo esaminato lo stato presente della gran mole, confrontandolo con quello de' tempi andati: abbiamo ricavato dalle particolarità più minute il sistema generale de' danni, mettendone in chiaro le cause troppo patenti, abbiamo prescritti que' rimedj, che ci sono paruti i più addattati. Dell'efficacia. di questi, ne siamo pienamente persuasi, sperando alla mole così, ristorata una lunga, e stabilissima sussistenza; quale più d'ogn'altro ci fa creder sicura, quel vedere i costoloni tanto meno infranti degli spicchi; cosa, che ci fa assomigliar questo edificio ad un corpo che ha fra le ossa poco meno che intere, solamente lacerata la polpa, male di assai più sicuro riparo; che forse nel nostro caso sarebbe moralmente impossibile, se l'ossa istesse si fossero del tutto infrante.

Altro più' non ci resta, che il supplicare, chi si è degnato di comandarci, a gradire la diligenza, che abbiamo usata per eseguirne gli adorati comandi, e assicurarlo della sincerità del nostro animo nell'espore quel sentimento medesimo si nudo, e schietto, quale senza alcuna minima diversità di pareri, abbiamo insieme concepito nell'animo, e stabilitovi doppio replicati congressi.

Tommaso Le Seur dell'Ordine de' Minimi  
Professore di Matematica.

Francesco Jacquier dell'Ordine de' Minimi  
Professore di Matematica.

Ruggiero Giuseppe Boscovich della Comp. di Gesù  
Professore di Matematica in Colleg. Rom. [XXXVI]



CUPOLA DI S. PIETRO



RIFLESSIONI  
DE' PADRI TOMMASO LE SEUR, FRANCESCO JACQUIER  
DELL'ORDINE DE' MINIMI,  
E  
RUGGIERO GIUSEPPE BOSCOVICH  
DELLA COMPAGNIA DI GESÙ

Sopra alcune difficoltà spettanti i danni, e Risarcimenti  
DELLA CUPOLA DI S. PIETRO

Proposte nella Congregazione tenutasi nel Quirinale  
a' 22. Gennaro MDCCXLIII.

E sopra alcune nuove Ispezioni fatte dopo la medesima Congregazione.

L'ORDINE espresso della SANTITA' di NOSTRO SIGNORE<sup>1</sup>, che ci spinse sulla fine dell'anno scorso, a dare il nostro commun parere sopra i danni della Cupola di S. Pietro, e loro risarcimento, e ad intervenire ad una congregazione tenutasi nel Quirinale a' 22. Gennaro dell'anno corrente 1743. nelle stanze, e alla presenza di Monsignor GIROLAMO COLONNA Maggiordomo di Nostro Signore, colla assistenza di Monsignor Gio: FRANCESCO ABBATI OLIVIERI Segretario ed Economo della Rev. Fabrica sulla stessa materia, ci spinge anche adesso ad esibire, come appendice dello stesso parere, le riflessioni, che abbiamo fatte, e più volte conferite fra noi, sopra alcune difficoltà proposte nella congregazione medesima, e sopra alcune ulteriori ispezioni fatte sulla faccia del luogo in questi ultimi giorni<sup>2</sup>.

Per procedere con più chiarezza, convien dare un dettaglio delle cose più rilevanti tra le proposte in detta Congregazione, di ciò, che vi fù risoluto, e de' fatti, che si ricavano dalle nominate ispezioni; Ma innanzi è da sapere, che a quanti intervennero, era stata qualche giorno prima comunicata una copia della nostra Scrittura, ordinandosi a noi di rispondere a quanto le fosse opposto, qual ordine ci fù nella Congregazione medesima replicato più volte, e l'esegui a nome comune un di noi<sup>3</sup>, a cui per la maggiore speditezza nella lingua Italiana n'era stata data la cura dagli altri due,

---

<sup>1</sup> Benedetto XIV.

<sup>2</sup> Alla "Congregazione" parteciparono anche due dei tre matematici (uno era malato), Mons. Giovanni Bottari, Diego De Revillas, Domenico Sante Santini e Filippo Barigioni e Luigi Vanvitelli, entrambi architetti della fabbrica di San Pietro.

<sup>3</sup> Dovrebbe trattarsi di Boscovich.

che per poterli scambievolmente comunicare ciò, che occorreva, gli sedevano accanto.

Gioverà questa, avvertenza, per dar ragione, e del molto, che disse un di noi, e del poco o nulla, che aggiunsero gli altri; d'onde alcuni pigliarono motivo di credere, e divulgare che i sentimenti, e pensieri espressi nella nostra Scrittura, non erano veramente comuni a tutti tre, avendovi due di noi forse a titolo di pura amicizia messo sotto il loro nome. Se alcun pur'anche perseverasse in tal'errore, lo preghiamo a riflettere a due passi della medesima sottoscritti pure da tutti tre, nel primo de' quali alla pag. I. si dice: *che abbiamo giudicato opportuno comunicarci i nostri sentimenti in varj particolari congressi,[III] ed esaminato il tutto dar'a nome comune nella seguente scrittura, tutto ciò, che la debolezza del nostro sapere appoggiata sulle teorie, e sulle osservazioni de' migliori Scrittori ci ha potuto somministrare sù d'una così importante materia; e nel secondo sulle ultime righe; e assicurarlo della sincerità del nostro animo nell'esporre quel sentimento medesimo, si nudo, e schietto, quale senza alcuna minima diversità di pareri abbiamo insieme, e concepito nell'animo, e stabilitovi dopo replicati congressi.*

Le difficoltà proposte in quella Congregazione possono comodamente distinguersi in tre classi. La prima sulle ambiguità, che nascevano dalla nostra maniera d'esprimerci, la seconda sulla causa de' danni, e la terza sulla qualità de' rimedj adottati da Noi.

Fù toccato il primo capo da uno, che non avendo ancora potuto osservare le cose da se medesimo, disse, molte essere, le dubbiezze, che la nostra troppo succinta espressione de' fatti gli eccitava nell'animo. Specificò, che si sarebbe dovuto esprimere, quali fossero, e da chi rappresentate a Monsignor Segretario ed Economo, quelle cose, di cui si fa da noi menzione alla pag. 1. potendosi dubitare in alcuno di quelli di mala fede, e che nell'esposizione de' danni al num. 28. molte cose essenziali rimanevano incerte intorno al numero ed al luogo di que' marmi a coda di rondine, messi attraverso alle spaccature ed infrantisi, intorno al modo, e al tempo, in cui tali aperture erano seguite.

Da noi si rispose, che le cose rappresentate, di cui si fa menzione alla pag. 1., vedevansi dal contesto assai chiaramente, non esser altre che i diversi progetti per il desiderato risarcimento fatti da varj o Professori o Dilettanti d'Architettura, sù quali era stato richiesto il nostro voto. Che il nominargli, ed esprimere il sentimento d'ogn'uno, sarebbe stata così troppo lunga ed inutile, ne vi entrava punto l'esame della buona, o mala fede, dove trattavasi non di relazione de' fatti ma di giudizio sopra i rimedj. Che in ordine a' danni ciò, che si conteneva, ne' primi 30. numeri si era tutto osservato da noi medesimi per quanto era possibile, ed il contenuto negli ultimi 2. erasi determinato da' Ministri della Fabbrica perciò deputati, (e di quello ne ripareremo in appresso) e in ordine all'esposizione di essi, si erano da noi [IV] scelte quelle particolarità, che si erano giudicate più necessarie per comprendere la neces-

sità del riparo, per stabilire un generale sistema de' medesimi danni, per scoprire la cagione di essi e per apprestare l'opportuno rimedio.

Nel punto particolare de' marmi, messi unicamente per esaminare, se continuava pur'anche il moto, ci era paruto bastante il dire, *che in varj luoghi, tanto di fuora, quanto fra le due Cupole, si vedon rotti o distaccati alcuni pezzi di marmo a coda di rondine messi in questi ultimi anni attraverso alle spaccature, per vedere se la Fabbrica faceva moto*; raccogliendosi quindi, che il moto continua tuttavia in varj luoghi, e dentro, e fuora, senza il quale que'marmi incastrati non si sarebbero infranti. Ne per quelli ultimi anni vi era pericolo si intendesse da alcuno, il tempo più di mezzo secolo da noi lontano o di Innocenzo XI, o di Alessandro VII<sup>4</sup>, come esso credeva facile ad accadere.

Basterà solo in ordine al tempo l'aggiungere che sono stati tutti messi dopo il 1735. come in parte costa da alcune partite de' conti originali della Fabbrica ivi prodotti da Monsignor Segretario ed Economo, e in ordine al modo, che molti degli astanti, e massime i Signori Architetti affermarono essere tali le aperture de' marmi; che non era possibile farle con arte, e che troppo chiaramente mostravano il movimento di quelle spaccature, attraverso alle quali si erano collocati

Ma in quanto a questo continuo movimento, e però anche pericolo della gran mole, rimane esso posto fuor d'ogni dubbio, con tanto altro di più che abbiamo aggiunto alle pag. 12., e 13. e in modo particolare col confronto dello stato presente con quel de' tempi di Innocenzo XI. espresso dal Baldinucci<sup>5</sup> con molta distinzione, e chiarezza, dal quale abbiamo noi ricavati pochi periodi è vero, ma tali; che ad evidenza conchiudono un notabile accrescimento de' danni andati sempre avanzandosi. Su questo punto però, si è veduto un così universale, e sensibile cangiamento di sentimenti, che dove prima una gran parte di Roma credeva tutti vani i timori, si scorge in oggi una persuasione comune, della necessità del riparo.

Prima di passar oltre non sarà qui così fuor di proposito l'aggiungere intorno al modo da noi tenutosi nello stendere la [V] scrittura, che troppo a torto ci accusa chi dice che nelle cose dottrinali, e geometriche ci siamo diffusi più del dovere, mentre queste si sono sì leggiermente toccate, anzi presso tutti gli Intendenti avremo certamente incorsa la taccia del tutto opposta di troppo scarsi, e si potrà lamentare più d'uno, che per qualche dimostrazione si sieno appena solamente accennati i principj, da cui dipende, e che per molte altre si sieno taciuti i dati, e taciuti anche gli elementi de' nostri calcoli. Speriamo però d'incontrare anche presso questi compatimento, se rifletteranno al motivo, che esprime nell'ordine comunicatoci di esibire il nostro parere, *acciò possano gli Architetti mettere in pratica i rimedj, che verranno giudicati piu'neccesarj*, e se sapranno, che molte volte ci fù a voce raccomandato, si a-

<sup>4</sup> Alessandro VII, Fabio Chigi (1599-1667). Papa dal 1655.

<sup>5</sup> Ci si riferisce a F. Baldinucci, *Vita del Cavalier Gio. Lorenzo Bernino*,..., cit.

doperasse ogni avvertenza, di poter'essere universalmente intesi, anche da quei che non professano le Matematiche. A questi sarebbe certamente riuscita cosa di troppa noia, oltre che troppo eccessivamente lunga, sarebbe stata, e troppo voluminosa la Scrittura, se si fossero dovute tutte distendere le dimostrazioni, o tutti esibire i dati, e gli elementi i quali per tal motivo abbiam'dovuti ritenere presso noi, come pur gli dobbiamo al presente, dando solo il risultato de' calcoli, ed accennando qualche metodo particolare da noi tenuto.

Venendo ora alla seconda classe delle proposte difficoltà, il P. Abate Revillas<sup>6</sup> disse, che giudicava non doversi fare sì poco conto, delle spaccature degli Archi attorno al pilone della Veronica espressi da noi al num. 27. tanto più, che esso non gli stimava sì tenui, come da noi si supponevano, anzi guardando con un buon Canocchiale giù dalla Chiesa, quello, che sia sull'arco de SS. Simone, e Giuda, gli era comparso di due once almeno. Aggiunse l'esempio di qualche Cupola, caduta colle previe spaccature negli Archi, e mostrò di credere, che qui dalle aperture di essi si potesse dedurre alcun movimento ne' piloni, l'immobilità de' quali aveva sospetta, desiderando si esaminasse, come pure si riconoscesse lo stato preciso delle sopradette spaccature. Si espresse finalmente, che non vedeva nel sistema nostro la spiegazione di questo Fenomeno per altro nuovo: e si ristrinse più in generale a ricercare se le spaccature degli Archi abbiano qualche connessione colle rovine della Cupola.

Di questa difficoltà parlando sul bel principio l'Autore<sup>7</sup> della [VI] Scrittura uscita ultimamente dalla Stamperia di Pietro Rosati col titolo di *Risoluzione del dubbio proposto dal P. Abate Raviglia*<sup>8</sup>, dice di noi, che non avendo in pronto risposta adeguata, s'offrì, chi scrive d'assegnar per allora la ragione delle crepature suddette e del cedimento fatto da' detti arconi. Aggiunge che con unanime, e ben dovuto, disprezzo di ciò, che disse fù riprovato da tutti: che però si da l'onore d'umiliare lo stesso sentimento in scritto, e prima aveva affermato che, il motivo, che si disciogliesse la Congregazione senza risolversi a determinarsi il riparo delle pur troppo vere, e continuanti rovine di questa mole<sup>9</sup>, fu l'essersi trovata la nostra Scrittura, mancante assai circa il vero de' fatti al num. 27.

La risposta da noi certamente si diede pronta, e diffusa; se poi fosse adeguata, potrà facilmente comprendersi dal terzo de' 5 Articoli determinati in quella Congregazione, e scritti al fine della medesima, quali, più giù riferiremo uniti al luogo suo. In esso uditasi e l'Arringa del P. Abate<sup>10</sup>, e la risposta nostra, tutti, anche l'Autore di

---

<sup>6</sup> Diego De Revillas, abate gerolamino, architetto milanese.

<sup>7</sup> Domenico Sante Santini (1703-1780), dei Ministri degli Infermi.

<sup>8</sup> D.S. Santini, *Risoluzione del dubbio proposto dal padre abate Raviglia e parere intorno alli contrafforti, ed altri danni della cuppola vaticana*, Pietro Rosati, Roma, 1743.

<sup>9</sup> Ivi, p. III.

<sup>10</sup> Diego De Revillas.



quest'istessa Scrittura<sup>11</sup>, abbracciarono in ogni sua parte ciò, che da noi si era scritto circa la causa de' danni, toltone Monsignore Bottari, che si riservava a giudicarne dopo avesse vedute, le cose sulla faccia del luogo, e il solo P. Abbate Revillas. Ecco l'articolo *Circa la causa de' danni, gli altri si accordano in tutto quello, che è espresso nella Scrittura. Monsignore Bottari si riserva giudicarne doppo, che avererà veduto. Il solo P. Abbate Revillas propone che si esamini esattamente se i peli, che sono ne' due Arconi possano avere qualche connessione co' danni della Cupola.* Dove si noti 1.° che gli altri tutti erano stati in persona, a vedere le cose sulla faccia del luogo, e molti come l'Autore della Scrittura suddetta le avevano diligentemente esaminate coll'occasione di una ricognizione dell'immobilità de' piloni, di cui si parlerà in appresso, e con altre posteriori ispezioni, onde non giudicavano senza aver cognizione della causa: 2.° che nello scriversi quelli Articoli si domandava, se vi era alcuno che volesse eccettuarsi, o mettersi limitazione: 3.° che l'eccezioni si scrivevano colle parole dettate da chi le proponeva, aggiungendosi quella parola *solo* per più chiara espressione dell'essere pienamente gli altri tutti conformi al sentimento nostro circa il sistema, e la cagione de' danni; e di qui parimente comincerà a [VII] comprendersi, se questo fosse il motivo, che si sciogliesse la Congregazione, sucche diremo alcuna cosa più inanzi.

In ordine al fatto dell'essere quell'apertura larga 2. once, noi risposemo, che avevamo più volte guardato con attenzione quell'Arco in faccia dal Cornicione, tondo con buon canochiale, e fatto guardar da altri, e sempre a tutti era comparso un semplice, pelo, senza discostamento sensibile dell'un mezz'Arco dall'altro, o abbassamento dell'uno sotto l'altro; e vedremo più giù, doppo che si sarà riferita la nuova visita, che la crepatura dell'Arco più considerabile verso il labbro inferiore, tanto ivi, quanto all'architrave era coperta di una stuccatura antica, la quale persisteva intiera senza essersi mossa, il che per la giustificazione del nostro detto, e per il punto di cui si tratta, prova come se l'Arco fosse anco intero. In ordine poi all'esser nuovo, risposemo che certamente non era tale, facendone menzione il Baldinucci, un passo del quale, che l'indicava, ed era esposto nella nostra scrittura, fu addotto allora; e il dì seguente fu fatto vedere, allo stesso P. Abbate; un altro passo il quale, alludendo al medesimo, più chiaramente parla di essa spaccatura ed esprime che continua per tutta la volta della Navata de' SS. Simone e Giuda dicendo appunto così. *Non è già il simile accaduto al sottarco della Tribuna, detta de' SS. Simone, e Giuda, il pelo del quale si stende per tutta la sua lunghezza, e comparisce al di fuori, nell'adornamento degli stucchi. Gira il sottarco sotto la volta della Chiesa, e fa mostra per quanto porta fuori l'aggetto de' pilastri: ed essendosi bene esaminato e per di sotto, e dalla cima del Cornicione, e per di dentro alla Chiesa, si è veduto essere il pelo solamente nella parte di sotto, e nella parte di sopra si è ravvisato buono, e*

---

<sup>11</sup> Domenico Sante Santini.

*saldissimo, e senza alcuna apparenza di fessura, la quale solamente si scorge nell'ornamento, ove sono gli stucchi*<sup>12</sup>.

In quanto alla causa di questi peli, si disse, molte poterne essere tali, che nulla ostassero al nostro generale sistema, come sarebbe un'antico allettamento degli archi ristrettisi in se stessi, e forse ristuccato, e poi scoperto collo scoprirsi, o caderne la stuccatura, o un terremoto, o una qualunque altra causa tale, quale è quella, che sotto tutte le principali Cupole di Roma, aveva fatti crepare gli archi, senza patimento considerabile delle medesime. E qui fu letta una nota di queste Cupole riconosciute [VIII] prima apposta con diligenza in cui specificavasi; il numero degli archi rotti sotto ciascuna, ed è la seguente, accresciuta di poche altre, delle quali è fatta dopo l'osservazione.

1. La Cupola di S. Andrea della Valle ha rotti tutti quattro gli arconi.
2. La Cupola di S. Carlo al Corso ha rotti tutti quattro gli arconi.
3. La Cupola di S. Carlo a Catinari ha rotti notabilmente tutti quattro gli arconi.
4. La Cupola del Gesù ha due archi risentiti.
5. La Cupola di S. Agnese in Piazza Navona ha rotto l'arco verso la facciata.
6. La Cupola di S. Giovanni de' Fiorentini ha rotti tre arconi.
7. La Cupola di S. Salvatore in Lauro de' Marchigiani ha rotti due archi, e le crepature rompono nel mezzo tutto il cornicione.
8. La Cupola, ossia Catino della Chiesa Nuova ha rotti e risentiti tutti quattro gli arconi.
9. La Cupola di S. Rocco ha rotti tutti quattro gli archi.
10. La Cupola di S. Luca in Santa Mattina ha tre archi risentiti.
11. La Cupola della Madonna de' Monti ha rotti tutti quattro gli archi con crepature assai larghe, e notabili.
12. La cupola della Madonna del Popolo ha rotti tutti gli archi.

Le altre, che si potevano far visitare per brevità si tralasciano.

L'Autore della soprannominata Scrittura adottando per altro tutto il nostro sistema, volle determinare una causa conforme ad esso, e disse, che distaccatisi i Contraforti dal Tamburo, erano venuti gli Archi a sostenere un peso maggior di prima, e però si erano rotti. Questa non è del tutto la spiegazione medesima, che si vede espressa nella stessa Scrittura, in cui, non dal distacco de' contraforti, ma dalla divisione di una parte di Cupola, e di Tamburo dall'altra, ricavasi quella maggiore pressione degli Archi, per cui si suppongono i medesimi abbassati. Essa è vero che da altri fu disapprovata, e da altri semplicemente non approvata: ma certamente non ci sovviene, che alcuno eccedesse [IX] in termini minimi, di quel disprezzo, che a lui comparve. A Noi, per confessarla sinceramente, non piacque allora, ne ora piace tra le altre per tre

---

<sup>12</sup> F. Baldinucci, *Vita del Cavalier Gio. Lorenzo Bernino*, cit., p. 184.

ragioni. Primo perche credevamo la spaccatura dell'arco, che guarda i SS. Simone e Giuda, più antica del distacco de' Contraforti. Secondo perche sù d'un medesimo arcone continuato appoggiano i contraforti, ed il Tamburo; onde l'arcone veniva a sostenere lo stesso peso, o quelli fossero attaccati a questo, o ne fossero distaccati; e considerando da se quella sola parte d'arcone, che sostiene il Tamburo, se veniva quella a ricevere maggiore peso di prima, doveva ella o risentirsi sola, o più dell'altra, il che punto non compariva. Terzo, perchè continuando per tutta la volta della lunga Navata la spaccatura medesima, e scendendo giu per il muro di essa fino a' fondamenti, ci parve naturale, che una stessa dovesse essere la cagione di tutta, ne pareva, che tutta nascer potesse dalla nuova maggior pressione del Tamburo sull'estremità dell'Arcone. Ma non si esposero queste ragioni, e l'Autore accortosi, che quel suo sentimento non incontrava l'approvazione commune, si ritirò in modo, che senza alcuna limitazione abbracciò nel terzo articolo soprannominato in tutte le sue parti, la causa de' danni, da noi esposta nella Scrittura.

Da noi si aggiunse, che ci bastava questo solo, che da quelle aperture degli Archi, non si potesse inferire alcun patimento de' fondamenti, o movimento de' Piloni medesimi. Che questa cosa si era esaminata, e determinata, quanto era possibile. Imperoche il Pilone poteva patire, o in se stesso, o abbassandosi, o piegandosi tutto insieme. La prima cosa sola si poteva determinare con immediata osservazione, e ciò si era fatto da Monsignor Segretario ed Economo, che oltre all'aver più volte fatto osservare con diligenza, se ne' Piloni scorgevasi alcun pelo, aveva fatto un accesso giuridico, a' 3. Ottobre dell'anno scorso coll'Autore della suddetta Scrittura, co' Signori Architetti Cav: Domenico Gregorini, Pietro Hostini, Cav: Ferdinando Fuga, Nicola Salvi, e Luigi Vanvitelli Architetto della Rev: Fabrica, e due Capomastri Nicola Giobbe Capomastro della Rev. Fabrica, e Giuseppe Sardi, entrando con indulto particolare di N. S. anche sù per le scale a lumaca della Veronica, per le quali non salgono che i soli Canonici, ne vi si era in alcun luogo scoperto alcun pelo, o [X] segno alcun di movimento, come costa dalla seguente deposizione autentica, che da' medesimi sottoscritta si conserva presso Monsignor Economo, e dice così

A di 3. Ottobre 1742.

*Con Rescritto di N. S. Papa BENEDETTO XIV. segnato sotto il 26. Settembre prossimo passato, essendosi concesse le facultà necessarie a Monsignor Illustrissimo, e Reverendissimo Olivieri Economo, e Segretario della Rev. Fabrica, per portarsi a riconoscere in compagnia degli Architetti, Capi Mastri, ed alcuni Artefici opportuni, se li danni, che si osservano nella Cupola di S. Pietro potessero essere stati cagionati dal cedimento de' quattro Piloni sottoposti, che la reggono: Quindi è, che in vigore di tali facultà abbiamo noi sottoscritti unitamente, e alla presenza di detto Prelato esattamente esaminati i sudetti Piloni, incominciando da quello della Veronica, dove sono le Reliquie maggiori, e consecutivamente gli altri tre si estesiormente nella connessione delle pietre, ed altri ornamenti, che li vestono, e nelli sestì degli Archi che gli appoggiano, o siano maggiori della Cupola medesima, o*

*siano minori delle navate laterali, come interiormente ne' voti de' Corridori inferiori al piano della Chiesa, che conducono alle scalette a lumaca, e superiori, che danno il passo alle loggie; siccome anche in tutta l'estensione delle stesse scalette, ne vi abbiamo ritrovato alcun segno, che possa dare una benchè minima indicazione di cedimento ne in tutto, ne in parte di veruno de' sudetti quattro Piloni. E sebbene la sommità della volta delli tre Corridori superiori nelli Piloni dove sono situate le Statue di S. Elena, di S. Longino, e della Veronica, si riconosca risentita per la sua lunghezza, restando affatto immune ed intiera l'altra del quarto Pilone, in cui è posta la Statua di S. Andrea, nulla di meno si è osservato, che i risentimenti oltre all'essere poco sensibili, non si stendono, ne giungono ad offendere gli Archi in principio, ed in fine de' medesimi Corridori, e non si internano se non che pochissimo oltre la superficie del muro. Cosichè può concludentemente dedursi essere piuttosto un'effetto dell'antico ritiro del cemento nell'asciuttarsi del suo umido, che provenuti da' altra recente causa, e di dannose conseguenze, che è quanto potiamo esporne &c. [XI]*

Questo foglio ci era stato comunicato, e assieme colle cose da noi vedute ci aveva confermati nel credere immobili affatto i Piloni. Fu esso in Congregazione indicato da Monsig. Segretario, ed Economo senza leggerlo disteso. Da noi si aggiunse, che colle osservazioni immediate si poteva verificare, che i Piloni noti abbiano patito in se stessi; il non cedere, o il non piegare, si inferiva per via di raziocinio dagli altri fatti, non giovando punto per averlo immediatamente, o il piombare i Piloni, o il livellarli, o il misurarne l'altezza, non essendo moralmente possibile, che sieno in un'altezza così eccessiva, da principio venuti sù bene a piombo, cosa praticabile solo in altezze minori, e molto meno, che, sieno stati tirati tutti esattamente uguali. Che dagli altri fatti, a nostro giudizio, ciò si deduceva con una moral certezza: e per conchiuder questa, si propose questo argomento. Se un Pilone si fosse abbassato, o piegato, si farebbero dovuti non solo rompere i due grand'Archi, che vi impostano sopra, ma di più rompersi le altre volte, che parimente vi si impostano, o da lati o di dietro, e le spaccature degli Archi dovrebbero esser tali, che nel primo caso amendue i mezzi Archi attaccati al Pilone scendessero, e nel secondo si discostassero dalle metà compagne, con un'apertura, che andasse in sù crescendo per tutto l'arco e per la Base a proporzione. Si dimandò se questa proposizione pareva certa, e rispose una gran parte, massime de' Signori Architetti, di sì. Si passò innanzi dicendo. Ma dalle visite fatte, e rifatte più volte è certo, che il complesso di questi effetti non è altrimenti seguito, quando anche l'apertura dell'Arco sia maggiore di quello da noi si creda; e questa proposizione fu parimente stimata certa, ed oltre che una tale certezza ricavasi chiaramente dalla sudetta attestazione di persone che toltine i Capi Mastri intervenivano tutte alla stessa Congregazione, potrà anche facilmente raccogliersi da ciò, che si aggiungerà in appresso. Dunque si conchiuse: è certo, che il Pilone non si è abbassato ne si è piegato.

Supposta poi l'immobilità de' Piloni, si disse che per un qualche restringimento che faccia l'Arco serrandosi in se stesso, non vi poteva esser pericolo di considerabile, patimento, dovendo fermarsi ogni moto dopo un grado determinato di compressione, se non cedeva l'appoggio, come appariva dall'esempio di tante [XII] altre Cupole di Roma, del che affermandosi essere pienamente persuasi massimamente i Signori Architetti, molti de' quali sene espressero assai chiaramente.

Questi furono i precisi sentimenti ivi espressi, e da questi ne nacque il passarsi oltre colla persuasione si favorevole al nostro sistema, ed alle cause da noi prodotte, che spinse tutti, e, fra quelli anche l'Autore della nominata Scrittura, toltine i due sopraccennati a confermare col loro voto le medesime nel terzo articolo, e ad avere per adeguata la nostra pronta risposta.

Passato in queste cose gran tempo, seguirono gli altri a dire unito il lor parere a voce, ed il Signor Barigioni Architetto della Fabrica fece leggere il suo espresso in un foglio, in cui convenendo in tutto con noi nella sussistenza de' fatti, e nella causa di quelli, si protestava, che i rimedj da noi adottati erano del tutto al caso per rendere forte e sicura quella gran mole, se si trattasse di fabricarla di nuovo. Ecco le sue parole ricavate dal medesimo originale, che si conserva presso Monsignor Segretario ed Economo. *Avendo letta la menzionata Scrittura, convengo in tutto e per tutto con essa in quanto concerne la esattissima descrizione de' danni patiti da detta Cupola, e dello stato di essa, e altresì rispetto all'origine, e cause di tali danni... In quanto poi a' rimedj da applicarsi per riparare i mali patiti dalla detta Cupola, o per ovviare a quella rovina, che col tempo potrebbe sovrastarne, e succederne, se non si potesse opportuno riparo descritti nella riferita Scrittura... confesso, che se la Cupola fosse in fieri, non si potrebbe concepire un più sano pensiero, per fabricare quella gran mole, all'eternità, che adoprare que' cerchi, catene, e palettoni ivi accennanti &c.* Aggiunge, che teme il troppo tormento della Fabrica, ma ammette due cerchi uno in cima al Tamburo, o a piè dell'Attico, e l'altro sotto al Cupolino, e propone il riempimento o restringimento di varj vani, e quattro speroni, da alzarsi sù quattro Piloni addosso al Tamburo.

Degli altri Signori Architetti che tutti ammisero il sistema de' danni, e la causa, più d'uno parimente approvo il riempimento di varj vani, e massime il restringimento del Corridore sotto i Contraforti; e alcuni insieme col medesimo Sig. Barigioni furono contrari, altri favorevoli al rifarsi de' detti Contraforti, proponendo un di questi [XIII] il riunirli piuttosto al Tamburo per via di staffe di ferro, che, gli abbracciasse, passando per dentro al vivo delle Colonne. Il quale però insieme approvò gli speroncini da collocarsi sù Contraforti per rinfiancare l'Ordine Attico, con del peso o di Statue, o d'altra cosa, che li tenesse più forti. Si senti finalmente anche qualche picciola difficoltà contro a quel Cerchio, con cui stringiamo il muro interiore del Corridore, ed a cui raccomandiamo per via di catene l'altro da mettere fuori della base; non parendo naturale a qualch'uno l'attaccare ad un Cerchio catene, che tendano a dilatarlo.

Non si lasciò da noi di rispondere ad ogni capo, e a quest'ultima opposizione si disse, che volendo impedire al muro esteriore della base, su cui appoggiano i contraforti il dar in fuori, e dilatarsi, volendolo riunire al gran masso interiore, su cui si appoggia il Tamburo, dal quale masso esso muro erasi distaccato colla generale apertura della volta del Corridore, e col distacco, che vedevasi nel Pavimento, e volendo con meno buchi, fosse possibile, tormentare il medesimo masso, per far passare in Chiesa le catene, avevamo preso il ripiego di cingerlo con un Cerchione, e a questo raccomandare dette catene. Che un Cerchio tanto resiste al dilatarsi, quando una forza di dentro lo spinge in fuori, quanto se la medesima si applichi esteriormente. Anzi dopo vi abbiamo riconosciuto questo maggior vantaggio, che se le catene si raccomandano immediatamente a detto Muro interiore, ogni parte del Muro esteriore col conato di discostarsi da esso, tirerà a compagnarlo; dove se si raccomandano al Cerchio, tirando quello, tireranno unita assieme tutta la base interiore cinta da esso, che sarà tanto più difficile a muoversi. Anzi essendovi dalla parte diametralmente opposta un'altra forza a un di presso uguale, e contraria, rimarrà ogni cosa in equilibrio.

Alla difficoltà del tormento de' Muri, si disse, che non era poi tanto grande il prescritto da noi, massime se si confronti colla vastità della Mole, che pareva necessario, e che poteva diminuirsi molto, per quanto affermavano vari pratici del mestiere, coll'adoperare il trapano, e con altre industrie. Si aggiunse intorno al riempire de' vanni, massime nel Corridore, che ci pareva del tutto inutile, quando si conceda, che la volta non [XIV] cede, ma assieme col Muro esteriore si piega in fuori. Si adoprerò, a tale proposito la fantasia di una stanza a volta, in cui il Muro, che guarda in strada, cominci a pender fuori, rimanendo, la metà della Volta attaccata al Muro interiore fermo, e l'altra metà all'esteriore piegato. In questo caso niuno mai prescriverà, il riempimento di quella stanza o alcuna, sorte di sperone di dentro, ma o lo sperone di fuori, o in cambio suo le catene, massimamente quando per lo sperone non vi sia luogo, o ne nasca deformità. Nel supposto ivi ammesso, che il muro esteriore della base rotasse in fuori, eravamo nel caso. Non conveniva dunque il riempire, o restringere di dentro il Corridore o in tutto o in parte; ma o adoperare gli speroni di fuori, o le catene di dentro. Gli speroni, per quanta grazia possa darsi a' medesimi, toglievano certamente alla bellissima mole quella sveltezza che ora gode, aggravavano molto i fondamenti, e se si tiravano troppo alti toglievano anche del lume laterale alle finestre del Tamburo, da cui quel Tempio lo riceve più che da alcuna altra parte. Era perciò opportuno l'adoperar le catene, le quali facendo lo stesso effetto che gli speroni, ne deformano, ne aggravano sensibilmente. Così erasi tutto insieme risposto a quei, che approvavano gli speroni

Si esposero al fine le molte ragioni per le quali stimavamo più espediente il rifare almeno quei Contraforti, che sono tutti spaccati, ed inserirvi dentro le catene, che, il cingerli esteriormente, lasciandoli rotti, come or si trovano. Ma dovendoci tornar più giù occasione di parlarne di nuovo, lasceremo qui di riferirle.

Sù questi punti si disse tanto, e rispose, e replicò, per l'una parte, e per l'altra, che avanzatasi troppo l'ora; e non vedendosi apparenza di grande unione di Voti, massimamente sul punto de' Contraforti e del riempimento de' vani, e riuscendo lo stesso numero di qualche confusione, si giudicò di sciogliere la Congregazione coll'ordine di portare in iscritto i pareri sulle cose indecise a Monsignor Segretario ed Economo. Ma prima di scioglierla, essendovi su vari punti veduta grande uniformità di sentimenti, si distesero i seguenti sei articoli, dimandandosi sempre come fu accennato di sopra, se alcuno voleva porvi limitazione.

*1. Intorno a' danni si accorda da tutti, che vi siano.[XV]*

*2. Intorno alla necessità de' risarcimenti gli altri sono tutti concordi. Monsignor Bottari si riserva dopo, che avrà veduto in facie loci a dire il suo parere.*

*3. Circa la causa de' danni gli altri si accordano in tutto quello, che è espresso nella Scrittura. Monsignor Bottari si riserva giudicarne dopo averà veduto. Il solo P. Abate Revillas propone che si esami esattamente, se i peli, che sono ne' due Arconi possano avere qualche connessione co' danni della Cupola.*

*4. Intorno alli risarcimenti tutto quello, che sta nella Scrittura dall'Attico in sù, concordano tutti includendo il cerchio a pie dell'Attico. Il Signor Barigioni ci ha della difficoltà e si riserva.*

*5. Intorno al rimanente variando i pareri, daranno il loro Voto in iscritto a Monsignor Segretario quanto più presto sarà possibile.*

Questi articoli scritti da chiunque ivi presente li volle scrivere furono di proprio pugno notati tanto da Monsignor Maggiordomo, che subito si presentò a N. S., quanto da Monsignor Segretario, ed Economo, che ne conserva copia autentica nell'Archivio della Fabrica, dalla quale sono copiati questi. Da essi si conosce chiaramente, quale fosse la causa dello sciogliersi la Congregazione, e quali le cose indecise. Per mostrare il dovuto rispetto alla difficoltà del P. Abate, fu aggiunto a voce da Monsignor Segretario, ed Economo, che si sarebbe fatto un ponte per riconoscere meglio lo stato dell'Arco, ma ciò neppure fu inserito negli articoli.

Passiamo ora a riferire ciò che dopo la Congregazione è seguito, e a dare il risultato delle visite posteriori. In pochi giorni fu all'ordine il primo Ponte sull'Arco de' SS. Simone, e Giuda. Noi benchè sapessimo, ch'era già terminato, non ci portammo a vederlo prima d'averne il Viglietto della Segretaria della Fabrica. Tardò questo a venire per la sopraggiunta influenza, che aveva incomodato il P. Abate, per istanza del quale facendosi l'accesso, non si volle far' in tempo, che non potesse intervenire. Intanto l'Autore della Scrittura sopra riferita portatosi da se, ed osservate da vicino alcune cose, che non si erano da lontano potute distinguere nè da noi nè da lui (benchè le medesime, come faremo vedere or ora, ne sieno tali, quali appariscono ne' suoi fogli ne [XVI] sieno contrarie all'affermato da noi, nè sieno opposte al nostro antico sistema) prima della visita concertata, stese con somma fretta la sua Scrittura, e in essa un'altro sistema de' danni, e rimedj, coll'impugnazione del nostro.

Pochi giorni dopo, cioè a' 20. Febraro essendo stati intimati con prevj Viglietti tutti gl'intervenuti alla Congregazione, molti de' medesimi con Monsignor Segretario, ed Economo, si portarono all'accesso. Vi andammo due di noi tre, mancando il terzo trattenuto da indisposizione di salute: mancarono pure alcuni altri, e tra quelli uno<sup>13</sup> il quale a' 16. del detto mese prima, che uscissero gli accennati viglietti aveva fatta da se la visita, e condotto seco un Muratore con altre due persone, ed osservato lo stato dell'Arco, aveva fatto smurare il suo lembo inferiore levandone varj mattoni, e molti Stucchi, e slargando l'apertura fino a 4. once per tutto lo spazio da' A fino a C nella Fig. 1., come costa da un rogito di Notaro, che Monsignor Segretario, ed Economo ne aveva subito fatto fare, coll'esame di tre Uomini della Fabbrica trovatisi presenti, quando le dette quattro persone discesero dal Ponte, i quali pure attestarono di aver sentito battere, e veduti cader in Chiesa de' calcinacci. Ne aveva levati tre chiodi di ferro ben lunghi, e grossi un'oncia scarsa, che certamente erano serviti per rinzeppare la spaccatura, sì perche quei, che sostenevano i frutti di stucco, si sono veduti molto più piccoli, sì perche un'altro di tali chiodi si è dopo veduto in C, e vi sta tuttavia alquanto in dentro nascosto dalla calcina. Aveva anche scrollato in sù in più luoghi la faccia dell'Arco, massime nel sito della stuccatura, facendo cadere sul Ponte de' mattoni, stucchi, e calcinacci, che vi trovammo, e scuoprendo nell'Architrave di travertino l'intonacatura in HK, e in LM, che ricopriva il pelo, e di cui n'è rimasto un sottil filo in H, e in M intero: cose tutte, che varj Uomini della Fabbrica andati subito a' riconoscere il luogo avevano notate, e riferite.

Scese nel Ponte Monsignor Segretario, ed Economo, e vi scesemo anche, noi (intendiamo sempre in quest'accesso escluso il terzo, che non potè intervenirvi) coll'Autore della sudetta Scrittura<sup>14</sup>, e co'Signori Architetti: ma a pochi per volta per timore del troppo peso. Si delinearono, e descrisero i pesi tutti, notandosi varie circostanze. Noi ne diamo un Catalogo più ordinato, e forse tropo minuto, da cui ricavasi tutto lo stato [XVII] presente dell'Arco de' SS. Simone, e Giuda. Quasi tutte le cose contenute in questo, si trovano nella descrizione allora fattane da due Signori. Architetti, coll'assistenza del sudetto Autore, della quale non si è lasciato niente, e qualche cosa si è più specificatamente, e aggiunta qualche altra tralasciata da essi per dimenticanza, e da noi prima osservata, e mostrata a' medesimi, e a Monsignor Segretario come il num. 8. Ecco il Catalogo.

Dimostra la Fig. 1. l'Arco della Navata de' SS. Simone, e Giuda, col Cornicione, che gli sta sopra. Si vedono de' danni nella sua sommità del lembo inferiore A fino a' dentelli del Cornicione in B, che si esprimono ne' seguenti numeri.

1. Da A fino a C la grande apertura fatta pochi giorni prima di once quattro, slabbrata in fondo in A, con de' mattoni levati, e stucchi distaccati di fresco.

<sup>13</sup> Si tratta di De Revillas.

<sup>14</sup> Domenico Sante Santini.



2. Siegue sopra C una spaccatura dell'Arco larga ivi un'oncia grossa. Essa è rinzeppata, e stuccata con una stuccatura antica; la stuccatura si vede scrostata di fresco nella prima superficie, ma insieme si riconosce senza apertura, o distacco.

3. In D i Fusaroli<sup>15</sup> dorati hanno un'apertura di tre minuti; apparisce dalla corrispondenza delle piccole scabrosità, ch'essa non è stata mai ristuccata. Ivi la parte, che guarda il Pilone di S. Andrea è abbassata per due minuti.

4. Da D fino ad E siegue il pelo dell'Arco sempre minore, ristuccato anticamente senza alcuna apertura, o distacco nella medesima stuccatura. In E detto pelo svanisce affatto combaciandosi le parti dell'Arco.

5. Sopra E si vede da ambe le parti un'apertura circolare fino ad F lunga palmi diciotto per parte, alta in mezzo un'oncia che andando verso F sempre scema, e in F termina a niente.

6. Da E fino ad H una piccola apertura, e da H verso I un'apertura orizzontale lunga verso la Veronica quasi undici palmi, verso S. Andrea palmi otto, alta in mezzo minuti quattro.

7. Da H fino a K nella prima fascia dell'Architrave, che è di travertino, un'apertura verticale, che nell'angolo dell'aggetto della seconda faccia piega verso la Veronica, fino ad L, indi siegue in sù verticale fino ad M. Vi si vede tutta l'intonacatura, e di là, essendo rimasto scoperto il travertino, e in esso l'apertura verticale in H è larga minuti quattro, in L minuti due. [XVIII]

8. In K, e in M è rimasto un filo della stuccatura che cuopre il pelo, il quale filo è intiero.

9. Da M in sù fino al Mosaico in N nella terza falda un pelo coperto da stuccatura intiera affatto. Sieguono più sù due peli.

10. Nel fregio che è di Mosaico da N fino a P, vi sono alcuni peli tenui, e in cima da P verso Q un distacco orizzontale, che nel mezzo è un minuto incirca, e termina in niente: in Q dalla parte della Veronica il pelo viene alquanto in giù. Vi è finalmente un tenue pelo ne' dentelli senza altra apertura negli altri membri del Cornicione.

11. Verso il Pilone della Veronica si vede per tutto il cornicione da R giù per il Mosaico del fregio, e per traverso al triangolo della veletta fino ad S, dove muore senza toccar l'Arco un'apertura. In R la sommità che guarda l'Arco scende due minuti.

12. Verso il Pilone di S. Andrea da T fino ad V, nella cornice triangolare, che riesce nella veletta, si vede una molto sottile apertura, e in cima e in fondo detta cornice è scrostata come pure la punta della cornice del triangolo inferiore.

13. L'Arco non ha alcun'altra apertura, o pelo dalla cima fino all'imposta, ne dall'una ne dall'altra parte.

---

<sup>15</sup> Fusaiole. Ornamenti a forma di fuso.

Si passò doppo dalla parte esteriore sopra la volta de' SS. Simone, e Giuda, e nel muro, che si inalza sopra detta volta, e che forma il ripiano, per cui si gira attorno alla base, si riconobbe verso il Pilone della Veronica un pelo verticale, in cui la parte che guarda la sommità dell'Arco cala mezzo minuto, e verso il Pilone di S. Andrea un pelo appena sensibile, che muore prima di giungere a toccar la volta, ne i mattoni dissestano. Nelle spaccature del muro esteriore della base, su cui appoggiano i contraforti si viddero i Travertini dalla parte dell'Arco abbassati in un sito per un minuto e mezzo, in un altro per due minuti scarsi.

Furono quel giorno stesso ordinati gli altri tre ponti sù gli altri Archi, fatti i quali doppo qualche tempo, ci portammo parimente gli stessi due di noi, essendo il terzo tuttavia alquanto incomodato dal male sofferto ad osservare gli altri Archi, e riconoscere di nuovo in quello de' SS. Simone, e Giuda, i dieci numeri sopra esposti, i quali pure abbiamo ritrovati del tutto conformi al vero. Negli altri tre si trovarono cose molto [XIX] più tenui. I distacchi orizzontali o non vi sono, o sono molto minori di un minuto, e certamente niuno arriva a due. Così pure i risentimenti del Fregio assai tenui, il quale Fregio sopra alcuni è intatto, come lo è sopra tutti il Cornicione, in cui se vi è pelo, è cosa tanto insensibile, che osservando con diligenza non si è potuta distinguere. Osservati con più diligenza i danni degli Archi, e degli Architravi, si è trovato che nell'Arco verso la Cattedra l'apertura in mezzo di esso, dove è più grossa, non passa due minuti, nell'Architrave vi sono de' peletti assai sottili, e nella seconda e terza sua fascia persiste intatta una stuccatura antica de' peli. Di fianco verso il Pilone di S. Elena, vi è un pelo obliquo, che muore prima della fascia più bassa del detto Architrave.

Nell'Arco verso la Chiesa vi sono in cima vari peli verticali, il più grosso de' quali sta alquanto verso il Pilone di S. Andrea: messi tutti insieme non arrivano a un minuto. Il pelo che si vede nell'Architrave non arriva a un minuto.

Nell'Arco de' SS. Processo, e Martiniano, tutti i peli assieme, che sono varj, gli uni poco distanti dagli altri, non arrivano a un minuto e mezzo, e nell'Architrave a un minuto.

Quasi da pertutto si vedono le spaccature verticali senza minimo spostamento di una parte, che scenda sotto l'altra; e in qualche luogo se vi è nulla, non è cosa sensibile, non giugnendo neppure d'un quarto di minuto. Ma non occorre, che sù questo ci distendiamo d'avantaggio, si perche certamente i danni degli altri Archi sono incomparabilmente minori de' danni di quello de' SS. Simone, e Giuda, si perche indipendentemente da più minuta ricerca porteremo più innanzi le ragioni, per cui crediamo, che i danni della Cupola non provengano da questi patimenti di Archi.

Ne' fatti descritti si noti, che le aperture dell'Arco verso la Chiesa, e verso i SS. Processo, e Martiniano essendo diramati in varj peli, de' quali niuno arriva ad un minuto, non si potevano da noi vedere dal Cornicione, come non gli aveva veduti ne l'Autore della scrittura, ne alcuno de' tanti Architetti, che avevano osservato con diligenza; onde non fu nostra colpa il neppur nominare quegli Archi. L'apertura, di

quello verso la Cattedra, che nel più largo non passi due minuti, e in cima muore affatto, doveva comparire un pelo, senza sensibile discostamento di una [XX] parte dall'altra, come l'abbiamo descritto, ed ivi una parte non si abbassa sotto l'altra. L'apertura dell'Arco de' SS. Simone, e Giuda era per tutta la sua faccia chiusa da una stuccatura non più mossa; onde neppure doveva comparire altro, che come un semplice pelo il lembo stesso di essa stuccatura, o forse anche qualche fessura della prima superficie della medesima, che scrostata si vede senza pelo. Così pure le aperture dell'Architrave non molto grandi, e stuccate non dovevano vedersi. Quelle di HK, e di LM, che fossero coperte da stuccatura non più risentitasi, lo mostra il filo intiero rimasto in K e in M. Le spaccature poi orizzontali in H e in E nascoste nei bujo, dell'angolo degli aggetti, non si potevano distinguere, e lo spostamento, che nell'Architrave non vi è, e che nella cima dell'Arco non si distingue bene neppur dal ponte, e ne' fusaroli non passa due minuti, non era così, punto sensibile, a guardarla di là sù, ed essendo sì piccola, e non universale, lascia tutta la forza del nostro argomento.

Sene ricava, che le cose da noi lasciate al n. 27. son tali, che non si potevano osservare dal Cornicione, e le cose dette ivi sono quali dovevano apparire, e quali apparvero veramente e a noi, e a tanti Architetti, che, prima di noi osservarono coll'Autore stesso, ed attestano unitamente con esso lui, che non riconobbero alcun segno da poter sospettare di alcun cedimento ne' Piloni; giacche se queste cose avessero dato loro nell'occhio, e fossero comparse diversamente da quello che a noi comparvero, avrebbero dovuto esprimerle, come capaci d'indurre almeno qualche sospetto a quel modo, che nella commune loro deposizione da noi riferita di sopra hanno espresse le aperture delle volte de' Corridori sopra tre Piloni, e avrebbero al più dileguato il sospetto con raziocinio simile al nostro.

Sù questo punto dobbiamo in oltre fare una altra protesta, ed è, che l'ufficio nostro propriamente non è l'andare riconoscendo, massime alcune sorti di fatti; ma il discorrere sù fatti determinati da quelli, a' quali ciò si appartiene. Ma perche giova molto il vedere alcune cose da se medesimo, per poterne giudicare con fondamento; perciò tutto quello che tolto ogni pericolo della vita, e salvo il decoro del nostro stato, poteva osservarsi, l'abbiamo osservato con attenzione, e dove non giungeva l'occhio nudo, ci siam serviti di Cannocchiali buoni sì, ma piccoli, non servendo per le corte distanze i più [XXI] lunghi. Gli Archi non si potevano considerar da vicino, che col farsi calar giù colle funi dal Cornicione, il piombare il Tamburo di dentro, e di fuori, piombare i contraforti, misurare le spaccature, che si trovano nella cima del Cornicioncino dell'Ordine Attico, richiedeva l'arrampicarsi sù per le scale a piroli situate la maggior parte in luoghi pericolosi, o il raccomandarsi alle funi, cose che ci sono sempre parute proprie degli Uomini spesati dalla Fabrica a tale effetto in gran numero; onde simili cose in, cambio di determinarle da noi immediatamente, le abbiamo fatte determinare da quelli, a quali ciò per ufficio s'appartiene.

La visita degli Arconi non la prescissero, si perche comparivano troppo piccoli i loro danni, si perche non salendo essi ne per il cornicione ne per la base, che sostiene il Tamburo, eravamo sicuri tanto della immobilità de' Piloni, di cui avevamo altri argomenti presi dalle volte laterali, e dall'attestato suddetto di tanti Architetti, e dell'Autore medesimo, quanto del non influire ne' danni della Cuppola, come parte abbiamo espresso in quella nostra Scrittura, parte più chiaramente lo faremo vedere in appresso. Si aggiungeva l'esempio di tante Cupole, i cui Archi hanno patito, senza notevole e continuante pregiudizio di quelle, il quale non ci faceva temer allora alcun male, da que' risentimenti degli Arconi, del qual timore ne siamo privi anche al presente. Fatti i ponti siamo stati a riconoscerli, ed abbiamo riferiti a minuto i danni del più patito, esponendo le cose più notabili, che si vedono nelle faccie degli altri. Per quanto possi parer grande il patimento del primo Arco; quel vedere le stuccature antiche illese dovunque si trovano, senza che alcuna siasi riaperta, unito con varie considerazioni, che faremo in appresso, ci ha sermpre più confermati nel nostro antico sistema.

Delle altre cose esposte da noi negli ultimi due numeri della prima Scrittura<sup>16</sup>, abbiamo fatte riesaminare di nuovo le più importanti. La Spaccatura sopra il Pilon della Veronica, giacche ora vi è una Sponda di travi, che rende sicuro il guardarla dal Cornicioncino del Tamburo, presenti noi l'abbiamo fatta misurare nel travertino del Cornicione dell'Attico: e abbiamo veduto, che in fondo a detto travertino è prossimamente di quattro once, come ci era stato supposto, e più in sù non comparisce, che due once e mezza, perche i due massi distaccati pendono alquanto [XXII] l'un verso l'altro. Poco più in sù nella congiunzione dello spicchio col Costolone appare all'occhio anche maggiore. Le Spaccature verso il Cornicioncino dell'Ordine Attico, le abbiamo fatte di nuovo misurare, e tirata la somma di tutte, abbiamo ritrovate come prima poco più di ventidue once; le quali ce la confermano le piombature del Tamburo fatte rifare, col confermarsi la sua generale pendenza in fuori.

I Contraforti sì, che fatti col piombino esaminar tutti in varj siti, e più volte, si sono trovati, non come, ci era stato supposto, o a piombo, o pendenti in dentro, ma pendenti in fuori. A questa operazione disse di essersi trovato l'Autore stesso della Scrittura, ed aver osservata la pendenza in fuori di tutti quelli, che aveva veduti piombare, e l'attestò in presenza di Monsignor Segretario, ed Economo, e della maggior parte di quelli che s'erano trovati all'accesso de' 20. Febraro, sul punto di sciogliersi quel congresso. Questo fatto, che troviamo contrario a ciò, che s'era detto in uno degli ultimi due numeri, tra le cose da noi non vedute, rivolta in un'ottima o pruova, o conferma un'obiezione, che noi stimavamo bene sciolta, come meglio si vedrà a suo luogo, e più d'uno ancora stimava insolubile.

---

<sup>16</sup> I numeri 31 e 32 a p. XI del *Parere*.

Ma vediamo come di questi fatti, e massime dello stato degli Archi parla l'Autore della Scrittura, dove dice d'avergli osservati ben da vicino. Alla pag. 4. dice appunto così. *Osservatosi da me adunque ben da vicino l'Arco de' SS. Simone, e Giuda ritrovai verso il serraglio di questo una verticale apertura, quale benché sia stata in altro tempo stuccata, ma pure dopo la doratura di detto Arcone come si riconosce sul fatto, è nondimeno larga due once e mezza in circa.* Crederà il Lettore certamente, che si sia riaperta dopo la stuccatura avendo posteriormente fatto un movimento di due once: e pure la stuccatura non si è mossa punto. Di più cosa fosse nel lembo in A non lo sappiamo; perchè è stata slargata fino a quattro once da A fino a C. Ma in C, tanto poco più in sù è di un oncia. I chiodi levati, che servivano d'inzeppatura sono grossi un'oncia scarsa. Ma passiamo inanzi. *E si estende in altezza fino al Gocciolatore del gran Cornicione, che sono trenta palmi.* Crederà il Lettore, che vada sù diritta una spaccatura continua per trenta palmi larga due once, o poco meno. Essa in C è di un'oncia [XXIII] poco più sù in D di tre minuti, in E svanisce affatto, nell'Architrave in un sito è di quattro minuti, in uno di due, più sù e appena sensibile.

Siegue. *E questa crepatura oltre all'aver reso dritto lo sferico dell'Arcone per il cedimento, che ha fatto in profondità, ha fatto ancora spostare l'Arcone stesso, essendo calato più di mezz'oncia la parte di detto Arcone verso il Pilone della Veronica.* Che idea abbia da formarsi il Lettore, di questo raddirizzarsi lo sferico dell'Arcone, non lo sappiamo. Se si piglia una porzione confiderabile; certamente; comparisce curva anche adesso: Se si piglia piccola; piccola parte di un circolo grande par sempre diritta. Si è abbassato alquanto l'Arcone, ma nell'abbassarsi medesimo è rimasto curvo, benchè con qualche curvità diversa per la compressione delle parti, le quali non crediamo compresse giusto con quella legge, che richiede la Geometria per far che l'Arco si riduca a retta. Se quella deve essere Orizzontale, conviene che sieno gli abbassamenti di ogni punto in proporzione, delle differenze de' seni versi degli Archi chiusi tra' punti, che scendono e la sommità, dal seno verso<sup>17</sup> dell'Arco, che stà tra la cima, e l'ultimo punto abbassato. Ma questo importa poco.

Più importa l'abbassamento per più di mezz'oncia, quando ne' Fusaroli dorati, dove meglio; che in alcun luogo, si può discernere, è di soli due minuti, e molto più l'aver detto dalla parte della Veronica, essendo tutto a rovescio dalla parte di S. Andrea. Il Pilone della Veronica è stato sempre il più sospetto, sì perchè la grande spaccatura della Cupola riesce sopra di esso, sì perchè i due Archi aperti più sensibilmente sono i due confinanti con esso: ed il Pilone di S. Andrea, per quello anche si raccoglie dalla sua medesima deposizione riferita da noi più su distesamente, era il

---

<sup>17</sup> Il seno verso, funzione trigonometrica che ora non si usa più, è definibile in notazioni attuali come segue: seno verso  $x = 1 - \cos x$ .

meno sospetto di tutti; onde muta specie almeno all'apparenza l'aver supposto l'abbassamento dalla parte della Veronica. Ma come interrogato sù quello punto da un di noi in presenza di varj altri, sul Ponte stesso il giorno dell'accesso, disse, che quello era un'errore di stampa, e che nel suo originale diceva di S. Andrea, e non della Veronica, esibendosi a mostrarlo, dobbiamo incolpare di un tal'errore lo Stampatore. [XXIV]

Passa egli avanti nel paragrafo seguente a riferire la Cortina de' travertini distaccata per più di due once dall'Arcone abbassato. Veramente in quel foglio, che si stese dagli Architetti colla di lui assistenza, la prima apertura, che qui è notata colla lettera E è segnata d'once una, e l'altra in H di minuti quattro, che insieme fanno meno di once due; ma poco meno: *Aggiunge, che la Cortina de' travertini è restata in aria per il contrasto che fanno i gran massi di travertino, non potendo cedere alla violenza del peso così facilmente.* Questo certamente non è un fatto, ma una ragione addotta dall'Autore. Noi lo spiegheremo più sotto diversamente: ma si noti intanto, che tra' fatti egli vi framischia spesso le sue interpretazioni de' medesimi fatti, avvertenza, che or'ora ci gioverà.

Siegue: *il detto Arcone oltre la crepatura di mezzo, come si è detto, mostra due altre gran crepature nel terzo dell'imposta nel luogo appunto, dove si mettono le catene.* Queste crepature sono le segnate colle lettere RS, TV: almeno noi non ne abbiamo potute veder'altre, ed esso nella delineazione, non ne fece metter'altre, che queste. Veramente non è S luogo da mettere le catene, che si sogliono mettere verso il terzo inferiore. Ma comunque ciò vada, non si creda alcuno, che queste aperture sieno nell'Arco. Stanno nelle Velette; e la prima è la continuazione di quella del Tamburo, e della Cupola, andando in sù quasi verticale, e senza alcuna, almeno patente comunicazione col distacco dell'Arco, che termina in F. Noi di questa, nella nostra Scrittura al num. 27. abbiamo detto, che muore assai prima di giungere all'Arco, perché verso S è tanto tenue, che non si vede se non da vicino. La seconda TV corre per la cornice, in cui è fama costante, che abbia dato un fulmine, il quale ha scantonata, smossa, e in parte fiaccata in cima e in fondo la cornice, e spuntato, e scrostato un gran pezzo del triangolo inferiore. Di più in quel tratto, che manca la cornice in fondo, si vede bene da vicino una serie di chiodi arrugginiti in dirittura della spaccatura, i quali è probabile, che arrugginiti pure per tutto il rimanente di essa, abbiano come sogliono, slargato lo stucco, di cui la cornice è formata. Noi perciò abbiamo ragione di credere, che non s'interni in dentro. Ma questo non è un fatto. Il fatto si è, che stà in una cornice della Veletta, che non [XXV] confina coll'Arco, che non passa in sù verso il Cornicione, anzi neppure arriva al fregio, o all'Architrave: che osservato con diligenza dall'una, e dall'altra parte tutto il tratto dall'Imposta, in sù, dove l'Arco confina con la Veletta, si vede da per tutto senza un minimo pelo fino ad F.

E pure egli aggiunge così. *E sono distacchi, che ha fatti il cedimento di detto Arcone dalle due imposte, e da' Piloni medesimi, quali crepature passando il Corni-*

*cione son le medesime, che dentro il Corridore sotto la base de' Contraforti nascono verso l'imposta degli Arconi, e vanno trasversalmente, piegando sopra il sesto degli Arconi: effetto ben dimostrato in tutti quattro gli Arconi dalle otto crepature o sieno distacchi, che tagliando trasversalmente come si è detto, il muraglione, che regge i contraforti, accompagnano col distaccato masso il cedimento degli Arconi suddetti.* In questo passo vi è pochissimo di puro fatto, e questo comparisce in un aspetto tutto diverso dal vero: il rimanente è tutto sua interpretazione, la quale conviene separare. Ma per intender meglio e detto passo, e molto di quello, che si dirà in appresso, si richiami alla Fantasia l'idea del luogo.

S'inalza parte sulle Velette, e Piloni, e parte su gli Arconi la gran base larga quanto quelli, cioè presso a 40. palmi. Essa è forata da un Corridore largo palmi 8., il cui pavimento nel sito de' Piloni è più basso, in quello degli Arconi si alza fino a pochi palmi sotto la cima del Cornicione, che corrisponde in Chiesa. Il muro suo esteriore grosso, palmi 12. regge immediatamente i Contraforti: Sul muro interiore s'appoggia il Tamburo. A questo muro interiore è attaccato per di dentro alla Chiesa il gran Cornicione tondo, e il muro esteriore ha il suo Cornicione parimente sotto il basamento de' contraforti. Questa base ed un ripiano più basso, che le gira attorno per di fuori, e parte appoggia sulle volte delle quattro Navate, parte sul vivo de' Piloni, nascondono in tal maniera gli Arconi, che essi non si vedono immediatamente se non dalla parte di dentro alla Chiesa. Supposte queste notizie ecco il fatto. Il Cornicione, che resta in Chiesa e' il muro che lo sostiene, e a cui si appoggia il Tamburo, non sono insieme rotti in alcun sito fuori che in R. Il muro esteriore ha molte spaccature, che si vedono tanto dentro al [XXVI] Corridore quanto fuori, dove passano, e rompono il Cornicione esteriore e queste spaccature salgono alquanto oblique e chinate da' Piloni verso le sommità degli Arconi. Queste sono da Noi espresse nella nostra prima Scrittura ne' primi tre numeri.

Crede l'Autore, che gli Arconi abbiano ceduto, e si sieno scostati dalle loro imposte, e che però queste spaccature sieno un'accompagnamento di quelle fatto dal Masso di questo muro esteriore, abbassatosi dietro agli Arconi, che lo sostengono, e i distacchi de' quali dalle loro imposte rimangano sepolti sotto il medesimo Masso. Noi spieghiamo dette spaccature nel nostro sistema in altro modo, derivandole dalla dilatazione dello stesso Masso roversciato in fuori: e si darà in appresso la ragione della loro obliquità. Qui ci basti avvertire, che non è un fatto avuto per osservazione, che questo Masso vada dietro all'Arcone abbassato: non è un fatto, che queste aperture abbiano corrispondenza in Chiesa, massime coll'apertura TV; ma queste sono interpretazioni dell'Autore: Che dalla parte di Chiesa dove unicamente gli Arconi si vedono, non vi è apertura nell'imposte e sù per il sesto, dove le facce degli Archi confinano colle Velette, e non solo non vi è in tutti quattro gli Arconi, ma neppure in alcuno di quelli, che noi abbiamo osservati, e ne abbiamo osservati varj, non si fiacca l'Arco dalla Veletta, se non in cima, quello de' SS. Simone e Giuda in FEF, e gli altri o niente, o per poco spazio, e con assai tenue apertura solo verso la cima. Che

certamente la spaccatura TX non rompe l'Architrave, il Fregio, il Cornicione dentro la Chiesa: che il muro interiore, che sostiene il Tamburo non è aperto altro, che colla spaccatura verticale S R.

Nel paragrafo seguente dice. *L'Orizental crepatura, che trovasi dentro del Corridore sopra gli Arconi, non è come dicesi effetto della Base de' Contraforti, che abbia piegato in fuori, ma bensì abbassamento degli Arconi.* Qui il fatto è, che si vede la Crepatura Orizontale, anzi vene sono due, una, che fiacca il muro della base esteriore dal Paviuento, e in qualche luogo rompe il pavimento stesso, e l'altra, che rompe il muro esteriore passando tutta la sua grossezza. Questa seconda massimamente si vede non solo sopra gli Arconi, ma forse anche più sopra i Piloni. Che queste sieno venute dall'abbassamento non è [XXVII] un fatto, e noi mostreremo innanzi, che tanto queste Crepature quanto quelle della volta vengono da ciò, che abbiamo detto nella nostra prima Scrittura, ma qui andiamo dietro a' fatti.

Sul fine di questo paragrafo vi è un fatto da noi prima non osservato; ed è, che dove è rotto il Cornicione de' Contraforti, gli ordini suoi son rimasti più bassi nel maso attaccato al Tamburo, e più alti nell'altro, attaccato alle Colonne. Questo spostamento si riconosce solo nel sito istesso delle aperture. Esso crede, che non si possa spiegar da noi: ma lo vedremo inappresso.

Nel paragrafo seguente. *Nel veder poi le otto aperture o sieno dilassi trasversali suddetti cioè due per Arcone.* Suppone come un fatto veduto, che dette aperture non altro sieno, che continuazione e diramazione de' dilassi degli Archi, e noi le crediamo conseguenza della dilatazione della Base piegata in fuori co' Contraforti.

Siegue: *Mi posi in curiosità di osservare da vicino tutti e quattro li detti Arconi, quali ho ritrovati tutti rotti nel mezzo a somiglianza del sopradetto: ma con minore apertura, cioè l'Arcone della Catedra aperto un'oncia e più, quello de' SS. Processo e Martiniano più di mezz'oncia, e quello della Navata maggiore circa mezz'oncia.* Certamente il primo non passa due minuti, nel secondo e terzo vi son più peli, niuno arriva al minuto, e certamente nel secondo tutti insieme non arrivano a un minuto e mezzo, e nel terzo non passano un minuto. Gli Archi stanno esposti, ed il fatto è troppo facile a chiarirsi.

Nel seguente Articolo insinua, che di dentro alla Chiesa si vedono ne' terzi degli Arconi de' peli, che mostrino essersi i medesimi staccati dalle imposte, e che corrispondano a quelle aperture del muro esteriore. Questi certamente non gli abbiamo saputi ritrovare, se non fosse qualche pelo equivoco di qualche Veletta, o di qualche parte di Architrave. La maggior parte degli Arconi osservati con diligenza nel loro lembo superiore, e dove si congiungono colle Velette, ritengono la stuccatura immobile, e senza peli dall'imposta in sù fino verso la cima, o guardino da' ponti, o dal Cornicione Inferiore. Anzi di ciò ne abbiamo testimonio, l'Autore stesso, con que' cinque Architetti, [XXVIII] e due Capomastri nell'attestazione riportata di sopra, in cui si dice: *Abbiamo esattamente esaminati li sudetti Piloni.....e nelli sestì degli Archi, che appoggiano, o sieno maggiori della Cupola medesima, o sieno minori..., ne*



*vi abbiamo ritrovato alcun segno, che possa dare una benche minima indicazione di cedimento, ne in tutto ne in parte di veruno de' sudetti quattro Piloni.* Se gli Archi ne' loro terzi mostrassero segno di divisione da' Piloni, sarebbe quella una almeno minima indicazione di cedimento, e come più sù abbiamo notato, si sarebbe certamente espressa in quella attestazione.

In appresso vi sono molte interpretazioni di fatti, che noi spieghiamo altrimenti nel nostro sistema. Di puri fatti non vi è altro, che l'essersi rotti i Contraforti, con una rottura obliqua, la quale, nel salire piega verso il Tamburo, e noi l'abbiamo espressa al num. 10., e che i Contraforti non si sono piegati in fuori, ma piuttosto in dentro. Questo è stato inganno anche nostro. Adesso egli medesimo ha poi veduto l'opposto a noi molto favorevole, come si è detto di sopra. Aggiunge egli, che il muro della Base de' Contraforti sta a piombo. Se egli l'abbia piombato, non lo sappiamo: ma esso certamente è sì poco alto dalla parte di fuori, dove è incrostato di travertini, che non è moralmente possibile in una tratta sì piccola accorgersi, se trapiomba; e dentro al Corridore l'inequalità della intonacatura congiunta coll'essere in varj luoghi la tratta assai corta impediscono una sì sottile ricerca. Ad ogni modo per non averne più a parlare, diremo qui, che se si prova che i Contraforti e questa base si sieno piegati in fuori, e detto muro in qualche sito realmente stia a piombo; ne verrà per legitima conseguenza, che prima aveva tanta pendenza in dentro quanto è stato il movimento in fuori nel girare.

Comincia il seguente paragrafo: *E perche queste narrative abbiano la sua forza, e più giù alla pag. 11. dopo un abbozzo del suo sistema comincia un'altro paragrafo: In queste dunque infallibili circostanze di fatto.* Per queste due righe abbiamo premesse tante pagine. Era troppo necessario il ricavare da' fatti il puro vero, e il separarlo da' discorsi, e riflessioni, che vi si fanno sopra.

Passiamo ora alle difficoltà dirette, che in detta Scrittura si [XXIX] fanno, contro il nostro sistema. La prima è espressa alla pag. 5., dove l'Autore avendo esposto, come nelle spaccature degli ordini del Cornicione de' Contraforti la parte attaccata al Tamburo si vede più bassa, e la parte attaccata alle colonne più alta, aggiugne: *Ne questo effetto avrebbe partorito il rotare, che dicono nella Scrittura i tre Virtuosi, che ponendo il centro del moto nella Base esteriore de' Contraforti, non produrrebbe al più, che l'allontanamento de' medesimi nella parte superiore delli suddetti, ma non mai lo spostamento de' piani delle Cornici per due once;* e ne da per ragione: *che farebbe lo stesso, che nel rotare una sfera, o una tangente di quella, si allontanasse la circonferenza dal centro, cosa che ripugna alla natura dei Circolo.* Questo effetto doveva appunto essere partorito, dal rotare che noi diciamo; e non ne siegue alcun'assurdo. Se uno sene vuole chiarire senza bisogno di Geometria; basta che pigli due libri di uguale altezza, e li metta diritti in piedi, come fanno nelle scanzie; indi pieghi uno addosso all'altro, facendoli rotare ciascuno sul lembo della sua coperta. Vedrà subito, le due coperte, che si toccano, e che prima stavano del pari spostate in cima in modo, che quella del libro, verso cui si fa il moto, si alzerà più sù

dell'altra. Un de' due libri rappresenta il Tamburo, e l'altro il Contraforte. Quando il Contraforte gira attorno a qualche punto del suo lembo esteriore ogni sua parte più vicina al Tamburo, di quel che sia il punto, attorno a cui gira, non solo si allontana da detto Tamburo, ma di più s'alza; anzi il peso suo non impedisce il dargli la volta per altro, se non perché le due parti si alzano. All'opposto le parti esteriori del Tamburo, e molto più la Cornice de' Contraforti attaccata ad esso, piegando esso, si abbassano.

Ma rimane la cosa più chiara nella fig. 2. Sia in essa AD la superficie esteriore del Tamburo, DC il Cornicione del Contraforte, CB la falda esteriore del medesimo. Se il Cornicione si rompa in F girando la parte esteriore del Contraforte attorno al punto B, la parte CF andrà in EG, alzandosi il punto G, ed all'opposto piegandosi AD in AM, andrà DF in ML, scendendo il punto F in L. Ne per questo se col centro B si faccia l'Arco di circolo HCI, che avrà, per tangenti le CF, EG, si scosterà il punto G della tangente, o [XXX] alcun punto del circolo dal suo centro B, ma si alzerà dall'Orizzonte, scostandosi dal centro della Terra. L'Autore ha concepito, che per alzare il punto F in G, convenisse alzare la tangente CF sù parallelamente, cosa, che non può provenire dal rotare; del rimanente è anche facile a determinare la proporzione dello spazio per cui qualunque punto s'alza, o si scosta dal Tamburo nel girare. Si concepisca per il punto intorno a cui si fa il giro una linea verticale, e l'altra orizzontale, nel piano del circolo descritto, saranno gli inalzamenti come le distanze dalla verticale, e i discostamenti dal Tamburo, come le distanze dalla Orizzontale<sup>18</sup>. Ma se una parte sdrucciola alquanto, o si comprime nel centro del moto, si sturberà una tale proporzione.

Dovrebbe in questo caso la cima della Cornice attaccata al Tamburo come qui L toccare, e premere l'altra parte GL, se la spaccatura fosse piana; ma se ella sarà scabrosa ed irregolare, potrà esserne alquanto discosta, toccandosi più in giù in alcun luogo alcuna prominente di una parte con alcuna dell'altra. Parimente dovrebbe la Cornice piegarsi uscendo dal piano orizzontale; ma nel nostro caso si poco, che non è sensibile tale inclinazione, mentre quella piegatura, che nella lunga tratta BC; o CF è sensibile, è troppo piccola, ed insensibile nel corto intervallo del filo degli Archipendoli<sup>19</sup>, che si possano supporre adoprati nel fabbricare o che si possano adoprare per tale troppo minuta ricerca.

---

<sup>18</sup> Si noti che qui si sta considerando una cinematica infinitesima, in cui se anche un punto si muove di fatto su una circonferenza si ammette che si muova sulla tangente.

<sup>19</sup> L'archipendolo è uno strumento formato da una squadra a bracci uguali unite da un'asta trasversale graduata, con un filo a piombo al vertice del triangolo. Conosciuto fin dall'antichità, è stato utilizzato fino al secolo XIX per le operazioni topografiche. In particolare era utile per verificare l'orizzontalità di un piano.

Con ciò parimente riman data la ragione del perché la crepatura pieghi da F verso B, cosa, che l'Autore alla pag. 6. porta per pruova dell'essersi abbassata la parte DF col Tamburo, e dice: *che in altro modo seguir non potrebbe, se non che la parte che gli riman superiore, (che qui è la EG) si levasse in aria contro la natura de' gravi.* Conveniva nel nostro sistema, che se la spaccatura piegava, piegasse appunto per quel verso, e ciò appunto perché la parte FC doveva alzarsi incalzata dal Tamburo. Non è punto contro la natura de' gravi, che si alzi, cedendo alla spinta del più grave il più leggiero.

Un'altra opposizione si trova alla stessa pag. 6. per intender la quale, convien premettere, che essendoci noi nella nostra prima Scrittura fatta l'objezione de' Contraforti, altri de' quali ci [XXXI] era stato supposto, che stessero a piombo, altri sbilanciassero un tantino indentro, avevamo risposto, che conveniva dire *fossero i medesimi stati da principio lavorati colla pendenza in dentro, come quelli, che dovevano esercitare l'uffizio di speroni.* A quella risposta egli allude ove dice: *se dobbiam credere sieno stati fabricati da prima a perpendicolo, massime perché terminano in due colonne, di cui mostruosa, e contro ogni legge d'Architettura (scienza ben posseduta dal Bonarota) sarebbe stata la situazione a scarpa, come si dice nella Scrittura.* Alla medesima nostra risposta sono state da altri date censure nulla più miti.

In primo luogo si noti il modo, con cui abbiam parlato. *Non è mai credibile, che il muro esterior del Tamburo, e suoi pilastri sieno stati da principio fabricati colla pendenza in fuori. Avendola dunque ora, essendo di più disuniti da essi colla spaccatura FGm i Contraforti è chiaro ad evidenza, che i medesimi Contraforti pendevano prima più d'adesso se adesso pendono, e que' che stano ora a piombo, pendevano prima in dentro alcun poco.* Era la nostra risposta ricavata per via analitica da' dati. Supposto, che il Tamburo pendesse in fuori, e i Contraforti in dentro nello stesso luogo, o conveniva dire, che i travertini si fossero compenetrati, o compressi, o che il Tamburo da principio fosse stato fatto colla pendenza in fuori, o che i Contraforti lo fossero colla pendenza in dentro. La prima cosa certamente non poteva seguire: la seconda farebbe stata un errore troppo enorme, e di troppo pregiudizio alla solidità della gran Mole; onde non si poteva supporre in conto alcuno; rimaneva dunque la terza.

Ma quella terza dice l'Autore sarebbe stata mostruosa e contro ogni legge d'Architettura. Esaminiamo, se ciò sia tanto vero. Nella lodatissima edizione di Vitruvio uscita per opera del celebre Guglielmo Filandro<sup>20</sup> dalle stampe di Giovanni Tornesio nel 1552.<sup>21</sup> si trova nel capo 3. del libro 3. questo passo. *Columnae sunt*

<sup>20</sup> Guglielmo Filandro (Châtillon sulla Senna 1505, Tolosa 1565). Architetto, studiò a Roma sotto Sebastiano Serlio.

<sup>21</sup> G. Filandro, Vitruvius Marcus (I secolo a.C.). *De architectura libri decem ad Caesarem Augustum, omnibus omnium editionibus longe emendatiores collatis veteribussexem-*

*medianae in pronao, & postico ad perpendicularum medii centri collocandae. Angulares autem, quaeque e regione earum futurae sunt in lateribus aedis dextra, ac sinistra, uti partes interiores quae ad parietes cellae spectant ad perpendicularum latus habeant collocatum, exteriores autem, uti dictum est de earum contractura.*  
[XXXII]

Fu questo passo emendato da Filandro medesimo, che vi pose *uti dictum est de earum contractura* in cambio di *uti dicant se earum contractura*, come esso afferma nelle celebri sue annotazioni impresse per la prima volta in Roma nel 1554.<sup>22</sup>, e più distintamente lo spiega nelle altre più copiose inserite nella nominata edizione del 1552. dove dice appunto così. *Locus hic in antiquis, & excusit codicibus valde variatus erat. Arbitratus sum legi oportere, uti dictum est de earum contractura. Ita, inquit, sunt tornandae columnae angulares, & quae sunt e regione, ut partibus, quae ad cellam spectant nihil imminuantur, sed perpetua sint crassitudine; exteriores autem partes contrahantur, uti praescriptum proximo capite.* Stimò dunque Filandro essere il vero senso di questo passo, che le colonne degli angoli, e quelle de' fianchi, che alle medesime corrispondono in fila, debbano collocarsi in modo, che il lato, che volgesi al muro rimanga a piombo e la diminuzione prescritta nel capo antecedente si dia tutta al lato esteriore, rimanendo necessariamente in tal modo chinato l'asse, e la colonna a scarpa. Aggiunge egli, che se tal cosa a prima vista sembrerà mostruosa, e strana, non parerà già tale a Periti: dice di averlo esso medesimo riconosciuto in pratica, e con ragione si vanta di avere per difensori di quella sua correzione l'un'e l'altro Sangallo Architetti assai celebri di que' tempi: tanto più, che dalle altre lezioni non si poteva ricavare alcun ragionevole senso. *Id etsi in speciem absurdum videre possit, experienti procul dubio nihil minus. Nam & nos usu ita esse comprobavimus, & nostrae castigationis vindices utrunque Sangallum, nobiles nostrae aetatis Architectos, invenimus. Ex ceteris scripturis nullum idoneum sensum elicere potuimus.*

La lezione medesima di Filandro non solo fù allor seguita da' due Sangalli<sup>23</sup>, ma in appresso da molti de' più celebri Scrittori d'Architettura. Il Perrault<sup>24</sup> nella magni-

---

*plis. Accesserunt Gulielmi Philandri Castilionii annotationes Adiecta est Epitome in omnes Georgij Agricolae de mensuris & ponderibus libros eodem autore, cum indice locupletissimo, Ioan. Tornaesium, Lione 1552.*

<sup>22</sup> G. Filandro, *Architettura di Guglielmo Filandro Castiglioni con le annotazioni sopra i x libri d'architettura di Vitruvio*, Roma 1554 e Venezia 1557.

<sup>23</sup> Dovrebbe trattarsi di Giuliano Giamberti da Sangallo (1445-1516) e Antonio Giamberti da Sangallo il Vecchio (1455-1534) importanti architetti italiani del Rinascimento.

<sup>24</sup> Claude Perrault (1613-1688). Francese, medico di professione e architetto per diletto, a lui si deve la facciata est del Louvre di Parigi.

fica edizione, che di Vitruvio fece nel 1684.<sup>25</sup> nell'Idioma Francese, espone nel testo istesso quell'*uti dictum est de earum contractura* più chiaramente con parole, che in Italiano suonano appunto così: *dando alle parti di fuori la diminuzione di cui si è parlato*. E nelle sue eruditissime Note avvanza, è vero, che ciò nè si vede eseguito, nè par conforme alla mente di Vitruvio, se si tratta, che le sole colonne degli angoli, e de' fianchi debbano collocarsi [XXXIII] colla pendenza in dentro; ma pure non solo abbraccia la lezione di Filandro, ma di più esprime un caso, in cui potrebbe cio a suo giudizio esser conforme alla mente di Vitruvio medesimo; cioè quando a fianchi vi dovesse essere una sola fila di colonne e alle due facce due per ciascuna, e quelle file interiori delle medesime facce, che rimangono tra il muro e la fila esteriore, fossero quelle, che Vitruvio chiama mediane, e che devono collocarsi a perpendicolo col loro asse, facendo, che le altre tutte, che corrispondono a' quattro angoli, cioè tutte le quattro file esteriori de' fianchi, e delle facce col lato loro di fuori si collocassero a scarpa, e aggiunge, che un'esempio non molto dissimile si vede in Tivoli nel Celebre Tempio tondo, che comunemente si crede di Vesta; e finalmente stima, che per sostenere. la pressione degli Architravi di pietra lavorati a più pezzi farebbe una tale positura molto approposito.

In questo Tempio medesimo di Tivoli conferma il Des Godetz<sup>26</sup> al capo 5. de' suoi Edificj antichi di Roma<sup>27</sup> la pendenza delle colonne in dentro, e insieme fa vedere, che nel medesimo senso intende questo passo di Vitruvio, dicendo, fedelmente tradotto dall'Originale Francese, appunto così. *La maggior parte delle colonne, che rimangono, son collocate nel modo, che Vitruvio insegna, al capo 3. del lib. 3. doverlo essere le colonne de' fianchi de' Tempj, cioè che il lato, che corrisponde al muro deve stare a piombo in modo, che tutta la diminuzione sia dal lato esteriore, cioè che l'asse della Colonna penda verso il muro. Vi sono alcune di queste colonne a piombo, ma vi è apparenza, che sieno state raddrizzate dalle rovine.*

E in quanto all'esempio di Tivoli Palladio Architetto di tanto nome l'aveva già registrato al capo 23. del libro 4. dicendo universalmente di tutte le colonne, che allora vi erano: *Le colonne sono tanto lunghe quanto appunto è larga la cella, e tendono al di dentro verso il muro della cella di modo, che il vivo di sopra della colonna batte a piombo sul vivo della colonna da basso nella parte di dentro.*

Non ci impegniamo noi già a sostenere, che il genuino passo di Vitruvio debba dire come, lo corregge il Filandro. Ma discorriamo così. Uomini di tanta fama

---

<sup>25</sup> C. Perrault, *Les dix livres d'Architecture de Vitruve Claudius Perraultius*, Jean Baptiste Coignard, Paris 1684.

<sup>26</sup> Antoine Babuty Desgodetz (1653-1728). Professore all'Académie Royale d'Architecture dal 1719 to 1728 dopo François Blondel e Philippe de La Hire.

<sup>27</sup> A. B. Desgodetz, *Les edifices antiques de Rome dessinés et mesurés très exactement*, Theodore Besterman, Paris 1682.

nell'Architettura, come Filandro co' due Sangalli, il Perrault, il Des Godetz, per [XXXIV] lasciar que' tanti altri, che si potrebbero addurre hanno inteso questo luogo di Vitruvio in maniera, che in qualche caso si prescriva in esso la pendenza dell'asse delle colonne in dentro. Il primo di questi dice, che quantunque a prima fronte apparisca cosa mostruosa, ad ogni modo non parerà già tale a' Periti: afferma di averlo riconosciuto in pratica, porta l'autorità di tali Uomini. I due ultimi aggiungono l'esempio rinomato dell'antico Tempio di Tivoli, ed un di questi stima molto giovevole il precetto, massimamente ove si tratti di sostenere una pressione laterale, quale è quella che nasce dagli Architravi composti di vari pezzi, e l'altro stima sieno state raddrizzate dalle rovine quelle poche colonne che stanno a piombo, piuttosto che adoperar sutterfugj, col dire le altre, quantunque in maggior numero, essere state dalle rovine medesime piegate indentro: cosa però, che era troppo difficile ad accadere, mentre oltre all'apparenza positiva in contrario, che adduce, poteva più facilmente la cima dar in fuori staccandosi, e discostandosi dal muro, che spingere da ogni parte in dentro un muro tondo. Finalmente Palladio, Architetto di tanto nome, attesta in un tale edificio antico trovarsi le colonne pendenti in dentro. Non sarà dunque mostruosa e contro ogni legge di Architettura la situazione delle colonne a scarpa.

Ma vi è di più. Certamente non è credibile, che al Bonarota<sup>28</sup> fosse incognito un monumento d'Antichità così celebre, e si vicino a Roma. Questo medesimo oltre all'esser tondo ha un Basamento similissimo a quello, che ha egli collocato sotto a' suoi Contraforti, e non così frequente negli edifici antichi. Non sarebbe dunque cosa punto irragionevole il pensare, che nell'ideare i Contraforti se lo sia preso di mira per imitarlo; tanto più, che era pur naturale gli venisse in mente, ciocche venne dopo al Perrault, che tal pendenza nel caso suo veniva molto a proposito, collocandosi da esso i Contraforti per far'ufficio di sperone, e rinfiancare il Tamburo così sottile, e forato da tante scale, e finestre. E se per maggiore vaghezza non giudicò d'imitare le colonne di Tivoli col far diritti i lati, ma le volle piuttosto fusate; non era fuor di ragione il persuadersi, che per una qualche magior sodezza le volesse imitare nella pendenza dell'asse.

Almeno niun equo Giudice ci potrà condannare o per [XXXV] Uomini senza neppure una superficiale tintura d'Architettura, tacciando così indirettamente di troppo imprudente il Principe, che ci commise di scrivere, e temerarij noi, che intrapresemmo lo scrivere sopra una somigliante materia, o per arditi detrattori del Bonarota nel farlo creder capace di una mostruosità troppo indegna di sì rinomato Architetto, se dove da' fatti sù quali ci conveniva discorrere, si ricavava per legittima conseguenza la situazione primiera, delle colonne colla pendenza in dentro, non l'abbiamo rigettata, ma ne abbiamo insieme apportata quella ragione, che la difende, e la fa giovevole al-

---

<sup>28</sup> Michelangelo Buonarroti.

la sodezza dell'Edificio, parte la più essenziale dell'Architettura col dire che dovevano esercitare l'ufficio di speroni.

E giacche amendue queste tacce ci sono state date più volte e a voce e in stampa, preghiamo solo in quanto alla prima, che si rifletta, in tutti i Corsi compiti di Matematica esservi pure anche il trattato di Architettura, da cui, era cosa naturale il credere, che ne avessimo appresa almeno qualche superficiale tintura, giacche in ordine al fatto non stimiamo alcuno sì pienamente consapevole de' nostri privati studj, onde possa con fondamento affermare esserne stati sempre alienissimi; e che la sodezza principalmente de' grandi Edificj, della quale qui si trattava, dipende tutta da una parte di Meccanica come è la Statica, scienza sì coltivata da' Matematici.

In ordine poi al rispetto da noi portato al Bonarota; non vi è parola alcuna in quella nostra Scrittura, che offenda un sì grande Uomo. Noi certamente vi abbiamo usata ogni possibile industria nell'evitare ogni formola, che potesse essere di alcuna offesa non solo ad Uomini del suo rango; ma a chi che sia. Se per adempire le parti imposteci abbiamo prodotta quella, che da noi si reputa la vera causa di tanti danni; non ne abbiamo certamente al Bonarota data la colpa, che neppure poteva dargli, non si sapendo con quanti, o quanto grossi cerchi di ferro meditasse egli di cingere la gran volta per frenare la spinta laterale (giacche esso non altro terminò, che il Tamburo) quanto gravi volesse fare i muri de' Costoloni, quanto pesante il Cupolino, delle quali cose non vi rimangono memorie, che bastino. Per altro si è da noi dimostrata la stima di quel grand'Uomo, coll'apportare per una delle ragioni da rinfiancare l'ordine Attico con gli Speroncini [XXXVI] adornati di statue, *ché in tale guisa verrebbono ad eseguire la mente del Bonarota.*

Ma per tornare all'obiezione fattaci dallo stesso Autore: essa colle ispezioni ulteriori, dalle quali ricavasi la pendenza in fuori, ed alle quali disse di essersi trovato in persona in qualche parte almeno, come abbiamo riferito di sopra ci si è voltata in una delle più efficaci riprove o almeno conferme mentre non è in alcun modo probabile, che a tutti i Contraforti siasi data da principio tale pendenza; onde avendola ora, conviene ammettere, che l'abbiano acquistata dopo, ruotando intorno all'angolo esteriore, che è una gran parte del nostro sistema de' danni, e di che ne avevamo tante, e tanto chiare riproove, che ritoccheremo in appresso.

Non sappiamo, se quella nuova scoperta sarà favorevole altrettanto all'Autore della Scrittura il quale alla pagina stessa, avanza, che se *cedimento nelli medesimi si ritrovasse, deve al sicuro essere questi non all'infuori, come si è scritto, ma piuttosto all'indietro verso il Tamburo.* Supposta la verità di questa proposizione si potrebbe argomentare, così. Se è vero il suo sistema; deve al sicuro il cedimento essere all'indietro, non all'infuori. Ma il cedimento si è fatto all'infuori non all'indietro Dunque non, è vero il suo sistema. Ma avendo esso, quando in pubblico attestò di aver veduto lo strapiombare in fuori, aggiunto, che volentieri lo concedeva perche conforme al suo sistema, gli farà facile la risposta, col dire, che quando si credeva

esservi pendenza di dentro parvegli quella al suo sistema necessaria, ed ora che si è scoperto l'opposto nel fatto, si è parimente scoperta l'opposta necessità.

La terza opposizione diretta, che noi troviamo contro il nostro sistema si ricava da quelle parole della pag. 11. nelle quali de' Costoloni parla così: *Essendo solamente discesi, ma non mai allargatisi nella loro base: effetto che non poteva seguire senza si aprissero nella loro parte interiore per l'allungamento, che doveva fare, la circonferenza interiore delli medesimi quando che da in moto orizzontale solamente fossero stati allargati in giro, qual vuol provare il sistema de' tre Virtuosi*. Noi non abbiamo mai detto, che i Costoloni si sieno solamente allargati in fondo: ma scesi assieme in cima, e discostatisi in fondo, dal centro del [XXXVII] circolo, in cui terminano, e però anche l'un dall'altro. In questo caso non vi è bisogno di dilatazione nella superficie interiore de' Costoloni medesimi: E basta per comprendere questa cosa il considerare la fig. 2. della nostra prima Scrittura, il sistema del movimento, ed il confronto di esso co' fatti da noi sì diffusamente spiegato dalla pag. 16. fino alla 20.

Per quanto abbiamo considerate tutte le parole della Scrittura<sup>29</sup>, non vi abbiamo saputo rinvenire altra obiezione diretta contro al nostro sistema. Vi è solo alla pag. 11 un passo, da cui si ricava una opposizione, che tira a snervare la pruova della tensione delle catene da noi addotta, ch'è l'essersi mossi i paletti, dicendo egli, che *in tal caso il paletto saria piegato da ambe le parti verso un sol pezzo di catena, ciò che non vedesi, ma sol girato un tantino circa il suo centro*. Per concepire la difficoltà e la risposta, si rifletta, che i cerchi di ferro sono fatti di varj pezzi connessi insieme in modo, che in ogni connessione un de' due pezzi ha due occhi alquanto fra loro discosti, e l'altro un solo, che s'inserisce tra que' due. Indi attraverso trà tutti trè si fa passare un paletto di ferro, che impedisca all'occhio di mezzo l'uscire dal vano degli altri due. Furono quelli da principio collocati verticali, e finchè le catene non hanno tensione alcuna, o movimento, devono rimanere nel loro sito. Si concepisca ora una tensione nelle catene. L'occhio di mezzo facendo sforzo di uscire dall'intercapedine, in cui è stato incassato, farà impressione nel lato del paletto. Se lo sforza, dic'egli, lo costringerà a piegarsi nel mezzo, e però amendue i suoi lembi si piegheranno verso quella parte di cerchio, che ha due occhi. Ma qui si vede, che il paletto diritto come prima, e senza piegarsi ha solo girato intorno al mezzo in modo, che la cima ha piegato verso una parte, e il fondo verso un'altra. Dunque non viene un tale moto dalla tensione delle catene. Ecco la difficoltà nella sua maggiore forza.

Si risponde però facilmente così. Il paletto a motivo dello stretto combaciarsi degli occhi non può piegarsi in mezzo in conto alcuno. Ciò che succede, si è piuttosto, che tirandosi il fianco del paletto dall'occhio di mezzo, e per via di esso, tirandosi amendue gli altri occhi, se questi sono di resistenza del tutto uguale, ne avviene, che ce-

---

<sup>29</sup> Si tratta della «Scrittura» di Domenico Sante Santini.



dono ugualmente alla pressione, si fa nella commisura, uno stiramento, per cui l'occhio di mezzo si scosta [XXXVIII] dal vivo dell'altro pezzo di catena, in cui gli altri due si diramano, ed il paletto rimane al sito suo. Ma dove quella uguaglianza non si trova, accade piuttosto, che uno de' due occhi compagni si stiri più dell'altro, onde i tre buchi non rimangono più nel sito verticale di prima, ma alquanto di sguincio ed il paletto dal sito suo primiero rimuovesi, girando attorno al mezzo, e andando verso una parte la cima, e verso l'altra il fondo.

Parimente alla pag. 12. per impugnare la gran tensione del cerchio affermata da noi con argomento preso dagli esperimenti non di Newton, come esso dice, ma del Picart, e del De La Hire, ne porta uno, in cui un filo di ferro rincotto di palmi dieci si stira, prima di rompersi, per mezz'oncia cioè per una ducentesima quarantesima parte di sè medesimo. In primo luogo dobbiamo rendergli somme grazie, che così sciolga sempre più l'obiezione, per sciogliere la quale si erano da noi portati quegli esperimenti, ed era che se la Cupola si fosse allargata si sarebbero rotti i cerchi; mentre tende a mostrare col suo esperimento un tal Pericolo più lontano. In secondo luogo però crediamo, che ad ogni modo vi possa essere molto pericolo di rottura imminente, ne' cerchi ove non s'impedisca l'ulteriore dilatazione. Il ferro rincotto, e non batutto di nuovo col martello acquista una tale dolcezza, per cui più facilmente si stira; anzi diverse qualità di ferro si stirano diversamente. Di quattro esperimenti, che il Musschembroeck nel suo Trattato della coesione de' corpi porta per determinare la forza assoluta del ferro, del primo de' quali ci siamo serviti per determinare la forza assoluta delle catene, in esso primo, e nell'ultimo lo slungamento del filo di ferro prima di rompersi fu piccolissimo, nel secondo, e nel terzo fu notevole in molto. Cosa sia per accadere a que' cerchi non lo sappiamo. Il vedere una tensione maggiore di quella, che v'introduca il caldo del Sole estivo, o del fuoco, ce la fa credere molto violenta, e lo stato de' cerchi pericoloso.

Veniamo ora ad esaminare il suo sistema, e quelle pruove, che per esso adduce, e colle quali indirettamente impugna il nostro. Quantunque egli alla pag. 6. non dia a questo nostro sistema altro titolo, che d'*inadeguato*, pure nel secondo di tutta la sua Scrittura pare, che lo voglia distrutto affatto, e tutti i danni della Cupola gli derivi dall'essersi il Tamburo abbassato, col rimanere i Contraforti [XXXIX] senza un minimo abbassamento o altra piegatura, toltane in alcun luogo quella in dentro, come per accompagnare il moto del Tamburo, e dall'essersi abbassato sopra gli Arconi, che gli hanno ceduto, sotto, e non sopra i Piloni rimasti immobili, che sono i due punti essenziali del suo sistema espresso nella nominata Scrittura. Dal primo fonte egli deriva la divisione de' Contraforti, e loro base dal Tamburo; e dal secondo, le spaccature del Tamburo e della Cupola, che sopra i Piloni si vedono maggiori, che altrove; e le spaccature oblique del muro esteriore della base, che esso considera come un'accompagnamento degli Archi abbassati, e nel terzo del loro sesto distaccati da' Piloni. Tutti gli altri danni esso gli stima secondarj, e derivati da questi. La causa di tutto il male (coll'esempio di un Tino gravato in cima, che se posa sù quat-

tro sostegni, finchè è intero, sù quelli appoggia tutto il suo peso, senza punto abbassarsi ne' vani di mezzo; ma sciolto scende) la piglia dall'essersi per le piogge, per i nitri, per i terremoti, e per il peso superiore disunite prima le parti della Cupola, e dopo tale disunione caricati gli Archi, che cedendo all'enorme peso si sieno compressi in sé medesimi, senza aver punto potuto smuovere il gran masso de' quattro vasti Piloni. Quella ci par che sia, raccolta e messa in un'occhiata sola nel suo più chiaro lume tutta l'idea del suo sistema, che sparsa ritrovasi in varie parti della Scrittura.

Non sarà fuor di proposito il mettere accanto il suo, parimente in un occhiata il nostro; ed è il seguente. Che i Costoloni, e gli spicchi sieno nella loro cima discesi col Cupolino, che reggono, e nell'imposta abbiano dato in fuori, piegandosi pur in fuori in varj siti il Tamburo. Coll'Attico, massimamente nel sito de' Finestroni, e che i Contraforti inseguiti dal Tamburo abbiano girato in fuori colla lor base attorno all'angolo esteriore. Di qua ricaviamo immediatamente alle pagine 16. 17. 18. 19. della nostra prima Scrittura la spiegazione di tanti danni, e giudichiamo, che di quà dipendano tutti quelli, che hanno necessità di riparo. La causa poi di questo movimento la ricaviamo dal peso del Cupolino e della Cupola che spinge in fuori il suo sostegno con forza, che supera la resistenza di questo.

La prima parte del suo sistema, che consiste nell'essersi abbassato il Tamburo senza abbassarsi nè piegarsi in fuori i [XL] Contraforti l'espone alla pag. 5. così. *Abbassamento dell'Arcone inferiore, gravato dall'eccessivo peso del muro interiore del Tamburo, che essendo calato di molto, non è stato accompagnato dalla muraglia esteriore, perche di poca altezza, e gravato dal solo peso de' Contraforti senza che i Contraforti sudetti nella loro parte esteriore, e per tutto quella, che posano sopra il loro esterior basamento abbian ceduto in profondità o strapiombato pur'un tantino; ma solo nella parte interiore, cioè, dove sono appoggiati al Tamburo, abbia la parte seguito il moto di detto Tamburo.* Ne ricava alla stessa pagina: Primo *L'orizzontal crepatura, che trovasi dentro del Corridore sopra gli Arconi.* Secondo *la vertical crepatura della volta del Corridore.* Terzo alla pag. 6. le crepature del muro de' Contraforti. sopra gli Archetti. Apporta per *pruova infallibile* di quella parte alla pag. 5. gli ordini del Cornicione, che nella parte attaccata al Tamburo si vedono più bassi, e alla pag. 6. la pendenza delle spaccature de' muri de' Contraforti che vengono in giù piegando dal Tamburo verso le Colonne.

In primo luogo non si può più dire, che i Contraforti non si son mossi, e che non si sono piegati in fuori, perche in vigore delle nuove ispezioni ha esso medesimo riconosciuto la loro pendenza in fuori. Ma supposto anche il fatto come si supponeva di prima, le due pruove addotte da lui per quella parte del suo sistema certamente non hanno alcuna forza: giacche si è dimostrato di sopra, che tanto l'abbassamento degli ordini delle cornici dalla parte del Tamburo, quanto quel piegare della spaccatura de' muri de' Contraforti dovevano accadere appunto così anche nel nostro sistema, cioè nel girare de' Contraforti attorno all'angolo esteriore.

In secondo luogo, questa parte del suo sistema, non salvava bene que' fenomeni che pretendeva salvare, anzi era a quelli contraria. La spaccatura orizzontale del pavimento è tale, che il muro esteriore n'è distaccato con intervallo sensibile, o lo rompe portandone via seco un pezzo discostato dall'altro pezzo. L'apertura della volta del corridore non è una semplice rottura, ma è una considerabile apertura con discostamento di una parte dall'altra, onde è convenuto inzepparla tutta. Ne' Contraforti le spaccature son tali, che in più siti le parti che sono unite [XLI] alle colonne si vedono distaccate dalle parti unite al Tamburo, e in due Archetti si vede in modo particolare venir in fuori la parte attaccata alle colonne, e rimaner più in dentro l'altra, attaccata al Tamburo. Queste cose non possono provenire da essersi abbassato il muro interiore, che regge il Tamburo; ma conviene, che o il muro esteriore si sia tirato in fuori, o l'interiore in dentro. Questa seconda cosa non si può, nè si poteva supporre, sì perchè avrebbe dovuto il Tamburo da ogni parte restringersi in dentro sì perchè si sapeva la sua positiva pendenza in fuori. Dunque ne viene, e ne veniva anche allora per legittima conseguenza, che nel muro esteriore era seguito il dar' in fuori: tanto più che si avevano due chiare indicazioni del medesimo movimento: La prima, che detto muro si vedeva aperto con più aperture orizzontali, larghe dalla parte di dentro in modo da potersene senza difficoltà ritogliere i mattoni, e in modo tale continuate per tutta la sua grossezza, che vanno diminuendosi sempre nell'avanzarsi verso la superficie esteriore, in cui non compariscono, come appunto doveva accadere nel piegarsi in fuori aprendosi di dentro, e rialzandosi: la seconda, che il muro interiore è tutto intero, toltane un'unica apertura verticale, e l'esteriore è staccato con aperture alquanto oblique è vero, ma tali, quali appunto le richiedeva la piegatura in fuori, cioè dilatate verso la cima.

Si aggiunge a tutto questo, che la seconda parte del suo sistema distrugge la prima. In questa seconda parte si afferma, che il Tamburo è disceso sù gli Arconi, e non sù i Piloni. Si ricava essa dall'esempio del suo Tino sostenuto da quattro appoggi, che riporta alle pagine 9. e 10., dalla immobilità de Piloni, che ammette alla pag. 8., e da tutto ciò, che vi aggiunge sù questo proposito. Ma ciò supposto la discorriamo così. La spaccatura, e il distacco della volta del corridore è generale per tutto il giro anche sopra i Piloni: le spaccature orizzontali nel muro esteriore si vedono anche su' Piloni; anzi nella porta, corrisponde sopra un di questi, si vede meglio, che altrove la sua continuazione per tutta la grossezza del muro: finalmente si sono distaccati dal Tamburo anche que' Contraforti, che appoggiano su' Piloni. Queste cose non dovevano seguire, non essendosi ivi abbassato nel suo sistema il Tamburo, l'abbassamento del quale ne doveva essere l'unica cagione. Dunque questa seconda parte, come si è detto, distrugge la prima. [XLII]

Da essa seconda parte ricava. *Primo* le quattro spaccature del Tamburo, e della Cupola, che sono più considerabili, che altrove, sopra i Piloni. *Secondo* le aperture, che si vedono nell'imposta, e nel cornicioncino dell'Ordine Attico interiore, dove, tutte insieme pesano 22. once. *Terzo* il moto de' Paletti delle Catene. *Quarto* le

spaccature, che nel muro esteriore della base piegano nel salire da' Piloni verso gli Arconi: e aggiunge, come si è detto, che le altre cose, che accenna in confuso, derivano da queste, e facilmente si spiegano. La pruova diretta di questa parte la piglia dagli Arconi, che vede rotti in cima, e suppone non solo abbassati, ma anche distaccati da' Piloni ne' loro terzi.

Non è qui nostra intenzione il dimostrare, come si potrebbe agevolmente, quanto male col solo suo sistema, se non vi adopra unitamente anche il nostro, si spieghi una gran parte de' sopradetti fenomeni, e insieme moltissimi altri degli enumerati da noi nella nostra prima Scrittura, o quante cose di più seguir dovevano, e non sono altrimenti seguite, le quali ognuno facilmente comprenderà, purché consideri attentamente l'esempio, che adopra di un Tino composto di molte doghe scollate, e sostenuto da quattro appoggi. Ci basterà il dare a vedere, che que' fenomeni assai bene si spiegano nel nostro sistema: che la pruova da lui addotta per, la detta seconda parte del suo, non ha forza: e che si prova positivamente l'opposto.

In quanto a' detti fenomeni si sono i primi due già spiegati da noi nella prima Scrittura insieme con tanti altri di più, dalla pag. 16. fino alla 20. ed è cosa facile il vedere, che dovevano seguire per la dilatazione, che porta seco il piegarsi del Tamburo in fuori, tanto nella cima di esso Tamburo, quanto nell'imposta della Cupola: in vigor di questa dovendosi rompere il Tamburo, è chiaro, che le sue aperture si dovevano fare prima, e più grandi, che altrove, nel suo sito più debole, cioè in quello delle Scale a Lumaca, che corrispondono sopra Piloni. Ed appunto si è rotto ivi; vedendosi anche i maggiori distacchi della Cupola negli spicchi, che confinano co' Costoloni situati sopra le medesime Scale. Il moto de' paletti, come ha seguito nel nostro sistema, l'abbiamo di sopra spiegato assai chiaramente: le spaccature del muro esteriore della base, sono conseguenze necessarie della dilatazione introdotta dal girare in fuori, per cui anche devono andar crescendo nel salire. Le obliquità di esse, [XLIII] che l'Autore prende per segno evidente dell'abbassamento degli Arconi; da, cui le deriva, è pure naturale nel nostro, sistema. Detto muro è più profondo sopra i Piloni, e non ha ivi quel rinfianco, che dove corrisponde sopra gli Archi, gli danno le volte delle quattro Navate. In vigor del primo capo doveva più facilmente essere rovesciato sopra i Piloni per la leva più lunga: e in vigor del secondo, vi era ivi minore ostacolo. Non è dunque maraviglia, che le sue aperture cominciando verso i Piloni vengano nel salire piegando alquanto verso gli Arconi, onde tutti questi fenomeni si spiegano ottimamente nel sistema nostro.

La pruova da esso addotta non ha forza; perché in primo luogo non si pruova, che gli Arconi abbiano abbandonate le imposte coi Piloni, come esso crede, mentre dalla parte di Chiesa, dalla quale sola si vedono immediatamente, stanno quasi fino alla cima attaccati alle Vette, e le spaccature oblique del muro esteriore della base, dovendo seguire nel sistema nostro altrettanto, che nel suo non pruovano un tale distacco. L'Arcone, che fa mostra in Chiesa nell'imboccatura della Navata de' SS. Simone, e Giuda, in cima è calato: ma come la cortina de' Travertini non gli è venu-

ta dietro, e vi è rimasto fra quell'Arco, e l'architrave un' vano di quasi due onces, quello stesso pruova, che quell'Arco non si è abbassato per il peso superiore del Tamburo, che è sostenuto dal Fregio, mentre detto peso non gli è venuto appresso. Una volta che quell'Arco era distaccato quanto è grosso un capello da ciò, che gli sta sopra, non poteva sentirne più il peso, ne doveva più comprimersi e scendere: o se è sceso, altra ne sarà stata la causa.

Ma portiamo due ragioni, le quali a nostro giudizio provano con molta forza, che i patimenti degli Archi non hanno connessione co' danni della Cupola, e molto più, che non l'hanno nel modo dall'Autore assegnato. La prima è questa. Il muro interiore della base, che appoggia immediatamente sopra gli Archi, e sopra il quale appoggia il Tamburo, dove corrisponde sopra l'Arco de' SS. Simone, e Giuda, ha un'unica apertura, che è la continuazione della grande spaccatura della Cupola, e questa a' tempi del Baldinucci non vi era, affermando egli espressamente, che detta spaccatura terminava a' capitelli del [XLIV] Tamburo: sopra tutti gli altri tre Archi il medesimo muro è affatto intiero, senza un minimo pelo verticale. Se dal patimento degli Archi fosse provenuto il patimento del Tamburo, e della Cupola, conveniva, che il primo a' patire fosse questo masso, che sta di mezzo, e sostiene il Tamburo. Se questo sta forte, i patimenti degli Archi, che gli hanno sotto, non possono aver'influito nel Tamburo, che gli ha sopra: e all'opposto, se questo muro non patisce, non possono le aperture della Cupola, e del Tamburo cagionare i danni degli Archi. Nell'esempio del Tino adoprato dall'Autore, se le doghe non si scollano in fondo, ma per qualche altezza rimangono unite; non possono scendere, per quanto si scostino in cima. Converrebbe, che le spaccature del Tamburo scendessero fino al fondo di questa base; anzi per far che abbia forza l'esempio del Tino, bisognerebbe che almeno ve ne fossero due di queste spaccature sopra ogni Arcone, e che arrivassero per il Tamburo fino al fondo della base.

In somma vi sono ora i patimenti di tre Archi, co' patimenti della Cupola, e Tamburo sopra i medesimi, e non vi è alcuna comunicazione fra essi, essendovi di mezzo un masso molto alto intiero. Vi era al tempo del Baldinucci e la spaccatura dell'Arco de' SS. Simone, e Giuda, e la spaccatura della Cupola larga un'oncia, sopra il contiguo Pione della Veronica, e l'una non comunicava, coll'altra, terminando la seconda a' capitelli del Tamburo. Dunque questi patimenti degli Archi non sono ne cagioni ne effetti de' patimenti della Cupola, e Tamburo, anzi ne pur dipendono da una causa comune, che agisca insieme in amendue con dipendenza degli uni dagli altri.

Questa è la prima ragione, che indipendentemente dalle più minute ricerche sul numero, e grossezza de' peli degli Archi non ci fa considerare i lor patimenti, nel considerare i patimenti della Cupola. La seconda ragione, è questa. I danni della Cupola sono andati sempre crescendo, mentre l'Arco de' SS. Simone e Giuda, che è il più patito di tutti, certamente non si è più mosso. Dunque quelli non provengono da questo. La prima parte è certa sì per il confronto dello stato presente con quel de' tempi del Baldinucci; sì anche per tanti altri segni del movimento da noi addotti nel-

la prima Scrittura alle pag. 12. e 13., alle quali cose aggiungiamo qui, che uno de' pezzi di marmo a coda di rondine messo attraverso alla spaccatura maggiore della Veronica di fuori nell'ordine Attico è ora rotto, e distaccato per mezzo minuto, come abbiamo fatto riconoscere ad uno degli Uomini della [XLV] Fabbrica, ed era distaccato anche l'anno scorso, come ci costava, e ci costa dalla relazione autentica di una visita fatta per tutta la Chiesa di S. Pietro d'ordine di Monsignor Segretario, ed Economo da Giuseppe Bigieri capo Mastro Scarpellino della Rev. Fabrica, sottoscritta da lui medesimo, in cui parlando di questa spaccatura dice che *ci si era messa una spranga di marmo, e si è troncata in mezzo*, anzi determina la misura di essa spaccatura, dicendo che è di un terzo di palmo, che appunto corrisponde alla misura delle once quattro, presa di dentro, e conferma insieme tanto si sensibile movimento di quelli ultimi anni, quanto il grandissimo da' tempi del Baldinucci in quà. L'altra parte è chiara perche la stuccatura antica, che ricopriva tutta la spaccatura dell'Arco e dell'Architrave, si vede, che persiste, ne si è più mossa, e ci assicura, che quell'Arco più non si muove. Parimente nell'Arco della Cattedra dove vi sono due stuccature antiche nell'Architrave, esse persistono, ne si trova in alcun Arco alcuna stuccatura riaperta. La conseguenza è legittima, e pare che ci possiamo assicurare, che da qualunque causa sieno provenuti questi patimenti degli Archi, ne essi influiscono ne' danni della Cupola, ne devono considerarsi, mentre più non si muovono.

Si aggiunge a queste due ragioni l'esempio di tante Cupole riferite sopra, che sempre più ci sgombra ogni timore, vedendo così frequente, ordinario, e connaturale il patimento degli Archi senza danno considerabile delle Cupole, che vada avanzandosi, e però minacci rovina.

Ma pure dirà, l'Autore questi Archi si sono rotti, anzi quello de' SS. Simone e Giuda si è abbassato per quasi due once, come si raccoglie dalle aperture in E, e in H nella fig. 1., e qui non ne aparisce la causa. Se, queste rotture fossero sicuramente, o fatte, o accresciute di nuovo, e le aperture del Tamburo scendessero tutte fino al fondo della base, si adoprerebbe da noi una spiegazione assai simile a quella dell'Autore della Scrittura, senza punto distruggere l'essenza del nostro sistema. Anzi di ciò dubitando, l'avevamo già espresso pochi giorni dopo la Congregazione, e qualche Settimana prima, che uscisse detta Scrittura in un Voto che conforme all'ultimo Articolo noi presentammo a Monsignor Segretario ed Economo, presso cui sene conserva una copia, e che sottoscritto da tutti tre, fu veduto fin d'allora da molti già [XLVI] intervenuti alla medesima Congregazione. In esso dopo altre risposte migliori dicevamo così. *Puo essere venuta di nuovo la rottura (degli Archi), o dilatata dalla parte inferiore per i danni della Cupola in questo modo. Finche la Cupola è stata tutta intera, e intero il Tamburo; il peso era ugualmente distribuito per tutta la Base, l'Arcone verso l'Altar maggiore della Cattedra era intiero, quello verso i SS. Simone e Giuda, aveva la sola apertura, che corrisponde per tutta la Tribuna fino al mura esteriore di essa. Aperta la Cupola col Tamburo in giù fino al fondo della Base, è rimasto appoggiato il peso più sugli Arconi, che sù i Piloni: Si*

*sono essi ristretti più in se stessi di sopra, ed anno fatto, o accresciuto il peso di fatto. Ma non cedendo i Piloni, rimangono così serrati e sicuri, e molto più sicuri rimaranno, se riunito il corpo, torni a distribuirsi meno disugualmente il peso. Così sarà spiegato il fenomeno: avranno i peli degli Arconi connessione co' danni della Cupola, come effetti di essi, e ad ogni modo rimarrà la stessa di prima la causa del male, e l'idea del risarcimento.*

In queste poche righe si scorge in modo adombrato il suo sistema che nulla si opponga al nostro, e che lo soddisfaccia a' fenomeni non da se solo, che certamente non può, ma congiunto con quello. Ma ora vedendo, che la spaccatura dell'Arco de' SS. Simone, e Giuda non si è più mossa, e considerando, che delle spaccature della Cupola, e Tamburo una sola è discesa al fondo della base appunto accanto all'Arco, che certamente non si è mosso, non ci pare più verisimile un tal pensiero, e siamo passati a fare le riflessioni seguenti.

In primo luogo noi sappiamo, che questi Archi co' Piloni, che gli sostengono, furono tirati sù con somma fretta dal Bramante voglioso di terminare presto la Fabbrica, come si raccoglie dal Vasari nella sua vita. Anzi per la medesima fretta infranse il Bramante molte Colonne della vecchia Basilica, e rovinò una gran moltitudine di memorie antiche, e ritratti de' più celebri personaggi, che si vedevano nelle pareti di essa. Quindi ne venne, che gli Archi e Piloni si risentirono presto, e si aprirono.

Il Serlio<sup>30</sup> nel lib. 3. delle sue Antichità<sup>31</sup> cene fa fede, mentre parlando del Tempio Vaticano, dice così. *I quattro Pilastrì di mezzo fanno quattro Archi, i quali tolgon suso la Cupola, i quattro Archi sono già fatti, l'altezza de' quali è palmi 220., e sopra [XLVII] quegli Archi ci andava una Tribuna molto ornata di Colonne colla sua Cupola: e questo ordinò Bramante prima che e'morisse: e poco più giù: Si può comprendere, che in tal caso Bramante fosse più animoso, che considerativo, perciocche una tanta massa vorria bonissimo fondamento a farla sicura, non che a farla sopra quattro Archi di tanta altezza, e a confermazione del mio detto, i Pilastrì già fatti con i suoi Archi, senz'altro peso sopra, già si risentono, sono crepati in più luoghi<sup>32</sup>. A questo pericolo rimediò il Sangallo<sup>33</sup>, nella cui vita il Vasari afferma, che ringrossò i Pilastrì della Chiesa di S. Pietro, acciocche il peso di quella Tribuna posasse gagliardamente, e tutti i fondamenti sparsi empì di soda materia, e fece in modo forti, che non è da dubitare, che quella fabbrica sia per fare più peli, o minac-*

<sup>30</sup> Sebastiano Serlio (1475-1554). Architetto e teorico dell'architettura del Rinascimento italiano.

<sup>31</sup> Sebastiano Serlio, *I sette libri dell'architettura*, Venezia, Francesco de Franceschi senese, 1584. Il libro III è titolato *Antiquità di Roma* ecc.

<sup>32</sup> Ivi, la citazione è alle pp. XXXVIII-XXXIX.

<sup>33</sup> **Si tratta di Antonio Cordini, detto Antonio da Sangallo il Giovane.**

*ciare rovina, come fece al tempo di Bramante, il quale magistero se fosse sopra la terra, come è nascosto sotto, farebbe sbigottire ogni terribile ingegno*<sup>34</sup>.

Supposte queste notizie, è molto probabile, che fin d'allora gli Archi crepassero nella lor cima, essendo questo un de' primi effetti, che si sogliano veder in essi, quando patiscono, e che le medesime spaccature fossero rinzeppate, quando il Sangallo fece tanti lavori attorno a questa mole. In questa inzeppatura saranno stati messi nell'Arco de' SS. Simone e Giuda que' tre chiodoni, che ne furono levati dallo spazio AC a' 16. di Febraro, e il quarto, che tutt'ora rimane in C coperto un poco dalla calcina, ma in modo, che per di sotto coll'ajuto d'una torcia si è ben potuto da noi distinguere. I Piloni rinforzati dal Sangallo con tanto artificio non si sono più mossi, come si ricava da tutto ciò, che si è detto di sopra, e in particolare dalle tante volte nominata visita dell'Autore e di cinque Architetti, e due Capimastri fatta coll'intervento di Monsignor Segretario, ed Economo.

Gli Arconi poi ricevuto addosso il nuovo gran peso della Cupola, che gli aurà obligati a restringersi in se stessi, si saranno in tale occasione compressi un poco, come pur le Veelette, col nuovo peso si saranno parimente compresse, ma poco; giacche tale nuova compressione non ha portato abbassamento considerabile, onde nella base, che sostiene il Tamburo non ha cagionato alcun pelo verticale, non essendovene stato per tanto [XLVIII] tempo alcuno, ed essendovene ora uno solo, che è una continuazione della grande spaccatura della Cupola, discesa dopo i tempi del Balducci per il Tamburo fin sotto al Cornicione. Non occorre, che l'Autore tanto si diffonda a provar possibile la compressione degli Archi lavorati a calce, e mattoni, in cui non abbiamo avuta mai difficoltà, e di cui ci siam serviti noi medesimi nella prima nostra Scrittura. Noi non diciamo, che non possa l'Arco comprimersi, per il nuovo peso, senza che patiscano i Piloni. Diciamo, che se i Piloni stanno forti, simile compressione termina presto, e l'Arco più compresso più resta forte, se non può dar' in fuora da alcuna parte.

A questa posteriormente si sarà anche aggiunto l'effetto di qualche scossa di Terremoto, per cui o cadendo della materia nelle divisioni cagionate da esso, non si possono poi tornare a combaciare le parti, o anche in vigor esso dalle aperture antiche caduta l'inzeppatura, e la stuccatura, si scuopre un'antico vizio prima celato. Una di queste cose sarà forse accaduta agli altri tre Archi, i quali ora osservati da vicino, si vedono rotti in cima, ma con aperture tanto più piccole

L'Arco de' SS. Simone, e Giuda dopo la doratura de' Fusaroli D, che fu terminata nel 1603. ha fatto qualche movimento vedendosi i medesimi distaccati con un distacco di 3. minuti, e appunto si è da noi osservato, che il quarto chiodo rimasto in

---

<sup>34</sup> Giorgio Vasari, *Vita d'Antonio da Sangallo Architetto Fiorentino*, in *Delle vite de' più eccellenti Pittori Scultori et Architettori*, Giunti, Firenze, 1568 (prima ed., ivi 1550), III pt., vol. I, p. 321.



dentro nell'inzeppatura, sta un pochino discosto dal mattone, con cui si farà certamente combaciato, quando fu messo. Ma, da gran tempo in qua non ha fatto più movimento, mentre per tutta la faccia di quell'Arco sopra e sotto le dorature, persistono le stuccature posteriori ad esse, che però si riconoscono per antiche, e sono tali anche, perche fra gli Uomini della Fabbrica non vi è memoria di alcun risarcimento fatto a quell'Arco; ne si sà, che vi si sieno altre volte mai fatti ponti.

Ne a provare l'opposto giovano quelle parole del Baldinucci riferite da noi di sopra *si è veduto essere il pelo solamente nella parte di sotto, dove è l'ornamento, e il riporto, e nella parte di sopra si è ravvisato buono e saldissimo senza alcuna apparenza di fessura*. Fu esso Arco osservato in quel tempo come apparisce dal contesto non da vicino con un ponte, ma giù dalla Chiesa, e dal Cornicione inferiore di essa, d'onde si riconosceva [XLIX] la spaccatura di sotto, che corre per tutta la volta; e sù alto dal Cornicione tondo del Tamburo, d'onde non compariva l'apertura, che, vi era, perche tutta ricoperta da una stuccatura toltone lo stretto sito de' Fusaroli dorati e la medesima stuccatura sarà stata in quel tempo in miglior'essere di quando noi guardandola dal Cornicione medesimo pigliammo per pelo quello, che ne pure era pelo, ma il lembo suo. Così non solo essa a noi comparve un pelo assai tenue ma a molti altri Architetti, e all'Autore medesimo prima de' ponti guardata in faccia dal Cornicione non aveva mai fatta specie per la stessa ragione. Parimente le aperture dell'Architrave, e del fregio, o assai piccole, o coperte da stuccatura non poteva vederle ne poteva scorgere il distacco orizzontale dell'Arco dall'Architrave, il quale nascosto in un'angolo dell'aggetto, ne pure ora si riconosce, se non dal Ponte. Anzi riputiamo assai probabile, che a tempo suo vi fossero delle aperture negli altri Arconi, le quali di sù non si potessero osservare, come nè da noi, nè da alcun'altro si son potute distinguere, toltane quella sola della Cattedra, che farli con alcun Terremoto si farà da quel tempo dilatata fino alla presente per altro tenue misura di due minuti.

Non si puo già dare la stessa risposta a ciò, che dice il Baldinucci della grande spaccatura della Cupola, che non passava la misura di un'oncia, e non scendeva sotto i Capitelli del Tamburo. Giacche essa si osservava ben da vicino, e dal Cornicione tondo, e, dal Cornicioncino del Tamburo, e molto più anche nella parte interiore per le scale a lumaca, che rimangono dentro al vivo di esso Tamburo, le quali ora essa spaccatura, continuata in giù, rompe, e dissesta in una maniera strana. E certamente per tutte le scale a lumaca, che rimangono dentro al Tamburo, e non son'anche fermate co' sprangoni di ferro, ci ha sempre messo orrore il salirvi. Basta riportare un'altra partita del sopracitato Scarpellino Giuseppe Bigieri, che nella relazione autentica della sua visita, attesta, *che si sono rotti la maggior parte delli scalini accanto la colonna di mezzo, e parte rotti nel mezzo parte slogati, che le dette scale stanno in gran pericolo di cadere e precipitare*. Queste sono cose tanto patenti, che se vi fossero state, non potevano non vedersi, anche senza quelle tanto accurate ricognizioni, che vi furono fatte, onde non poteva in [L] conto alcuno il Baldinucci tacerle,

e molto meno affemar tutto l'opposto, dove si facilmente si farebbe subito riconvenuto, massimamente da tanti, e tanto impegnati nemici del Bernino.

Ci ha fatta bene meraviglia il vedere nella fig. 1. il distacco Orizzontale in FEF, e IHI dell'Arco dall'Architrave, che non gli viene appresso. Che i travertini dell'Architrave sieno rimasti in aria, per il contrasto de loro medesimi massi, non ce lo persuadiamo in conto alcuno, massime se sono incalzati da tutto il peso del Tamburo, come esso vuole. Noi dopo di avervi seriamente pensato, ci siamo fermati in un'opinione, che crediamo assai fondata, e che darà del gran lume, in ordine a tutto il sistema del patimento degli Archi. Crediamo, dunque, che l'Arco non sia grosso tanto sol quanto mostra, cioè, nella fig. 1. da A fino a C, soli otto, o sette palmi, ma che vadano in sù altri strati di Archi l'uno sopra l'altro. Tre ragioni ce lo persuadono. La prima, perchè non è mai credibile, che siasi raccomandato tutto l'enorme peso della vastissima mole ad Archi così sottili, tanto più, che hanno un vano sì grande, e non sono, nè potevano essere di sesto acuto. La seconda, perchè si vede il pavimento del Corridore rialzato, dove corrisponde sugli Arconi fino a pochi palmi sotto la cima del Cornicione; pare ragionevole il credere, che ciò siasi fatto non solo per dare l'adito alle porte, che buttano su' Cornicioni, ma anche per dare luogo a questi strati superiori d'Archi. La terza, perchè nel muro interiore della base, sù cui immediatamente si appoggia il Tamburo, e quale di dentro alla Chiesa e una parte di quello, continuano altri Archi voltati da Pilone a Pilone, de' quali se ne riconoscono due l'uno sopra l'altro, nel sito delle scalette curve, che riescono dentro il sodo di questo muro, e portano alle scale a lumaca; e fu savissimo provvedimento del Bonarota, che andò sgravando continuamente gli Archi interiori, e buttando il peso della Cupola sù i Piloni sempre meno obliquamente in modo, che per quanto patissero gli Archi interiori già una volta patiti al tempo di Bramante, se rimanevano forti questi; non ne potesse provenire alcun danno alla Cupola.

Ciò supposto noi pensiamo, che siasi abbassato, o solo, o quasi solo quell'ultimo strato, aprendosi insieme colla volta, che corrisponde ad esso; e gli strati superiori o poco, o niente: non [LI] rimanendovi in alcuno di quelli altra apertura, che la verticale RS, nata dalla dilatazione, e piegatura del Tamburo in fuori, senza, abbassamento considerabile. Da quella supposizione ne nascerebbe, che i travertini dell'Architrave incastrati in quelli strati più alti nella loro interna parte non sieno ivi scesi; ma per lo sporgere, che fanno sul vano lasciato in FEF e in IHI dalla discesa dell'ultimo strato, abbandonati sù quel lembo da ogni sostegno si sieno rotti ed abbassati ma poco: e tale abbassamento del lembo esteriore sia stato seguitato anche dal Fregio, che con un sottile filo si stacca in QPQ, e dalle parti del Cornicione, che in R scendono due minuti. Il simile sarebbe accaduto agli altri tre Arconi, ma molto meno, e senza alcun minimo danno de' loro strati superiori, nella quale supposizione, s'intende ottimamente, dome abbiano potuto tutti patir quegli Archi, che di sè fanno mostra in Chiesa, e rimanere illeso il muro interiore della base, che vi appoggia sopra, e che sostiene, e sgrava su' Piloni il gravissimo peso della mole superiore;

e nella stessa supposizione molto meno avrebbero connessione i patimenti de' medesimi Archi, che si vedono in Chiesa, co' danni della Cupola.

Dell'aver patito solamente l'ultimo strato, noi rimaremmo anche più pienamente persuasi, se potesse sussistere un curioso sospetto venutoci in mente; cioè, che, questo, che ora fa mostra di Arco, sia semplice sottarco, fatto dopo il Bramante dal Sangallo. Il motivo di questo nostro sospetto è il modo con cui parla il Vasari delle operazioni di questo. Dice *che ingrossò i pilastri della Chiesa di S. Pietro, acciochè il peso di quella Tribuna posasse gagliardamente*, indi aggiunge, *e tutti i fondamenti sparsi empì di soda materia*. Con questo modo di parlare pare, che insinui, che l'ingrossar i Piloni, non sia stato solo sotterra, dove sono i fondamenti ma anche più in sù dentro la Chiesa. In tal caso, vedendosi ora gli Archi appoggiare sul lembo de' Piloni presenti, senza rientrar in dentro, converrebbe dire, o ch'essi prima appoggiassero in falso, cosa che non può supporsi in conto alcuno, o ch'egli coll'ingrossare i Piloni abbia anche aggiunti i sottarchi. Allora riuscirebbe anche più probabile il patire del nuovo strato in compagnia della volta della navata, cui confina, o solo, o molto più degli antichi strati, e in tal caso, le inzeppature farebbero stare fatte forse dal Bonarota dopo il Sangallo. [LII] Ma come di tale aggiunta non abbiamo trovata memoria e vi è forse qualche congettura in contrario, così questo nostro pensiero lo proponiamo per un semplice sospetto.

Potrebbe anche darsi un'altro caso, del tutto opposto. Che quest'ultimo strato sia quello del Bramante lavorato male e in fretta, e però patito allora subito, e ripatito poi dopo, e che gli altri superiori sieno stati fabbricati dappoi con più diligenza o dal Sangallo, o dal Bonarota, che nel piantare il Tamburo, come dentro alla base di questo, ne hà voltati varj più sù, così ivi pure abbia ingrossato quelli del Bramante. Andando avanti colle congetture, oltre a tutte le cagioni addotte di sopra potrebbe aver contribuito almeno in qualche piccola parte al risentimento maggiore che si è veduto dopo la doratura, il peso de' tanti stucchi assai pesanti, raccomandati ad essi di sotto a forza di grossi chiodi, che supposto il patimento di prima, non è fuor di ragione il pensare abbia fatti patir di nuovo que' medesimi strati. Che se si aggiunga qualche assettamento de' fondamenti dell'ultimo muro tondo dietro all'altare de' SS. Simone e Giuda, per cui siasi aperto esso muro, e dietro ad esso la volta di Travertino, che riesce sù quell'altare; non ci sembra punto improbabile, che quell'apertura dal peso istesso de' gran rosoni, e tanti altri stucchi unito con alcun terremoto, siasi comunicata fino all'ultimo strato dell'Arco già di prima risentitosi sotto il Bramante.

Tutte queste sono congetture molto ragionevoli, dalle quali si scorge in quanti modi, salvo tutto l'antico nostro sistema, si possa dare una molto ben fondata ragione degli effetti seguiti negli Archi, e molto più naturale, che nel sistema dell'Autore della tante volte nominata Scrittura. Comunque però vada la cosa, si ha onninamente a trovar la ragione, per cui patendo gli Archi, non abbia patito il muro, che immediatamente vi appoggia sopra, e come seguitando continuamente i danni della Cupola, non si sieno più mosse le stuccature di detti Archi. Le quali due cose assai efficace-

mente prouvano, che non proviene dagli Archi il patimento della Cupola, e che questo come continuamente aumentato ha bisogno di un efficace riparo, e l'altro, come già fermo, e senza movimento ulteriore non altro richiede, se non al più qualche spranga di Marmo per poter essere più sicuri in appresso di questa fermezza indicata dalle stucature non più riaperte. [LIII]

Venendo ora al nostro sistema, esso ci pare tanto semplice e tanto conforme a' fenomeni, che sempre più nel medesimo ci confermiamo. La prima sua parte, che consiste nell'aver dato in fuori la cima del Tamburo piegatosi coll'Attico, e l'imposta della Cupola colla discesa obliqua de' Costoloni, e però anche verticale, del Cupolino, ce la fa conoscere, lo strapiombare, che si trova in tutto il Tamburo pendente in fuori, il quale certamente non è stato fabbricato con tal pendenza: il veder in esso le spaccature verticali; che massime nel sito delle scale a lumaca sono molto considerabili e vanno sempre in sù crescendo, come, pure la rottura di quasi tutti gli Architravi delle finestre di dentro, e di fuori, continuata in sù per il frontispizio, e per il muro del Tamburo, che ci dimostrano dilatato esso Tamburo nella sua cima, e però piegato in fuori: i peli Orizzontali, che vediamo ne' Pilastrì del Tamburo di dentro, i quali benchè tenui, pure in alcuni di quelli sono, fino a cinque, e indicano rialzamento di dentro, e piegatura in fuori: le aperture verticali continuate in giro per l'ordine Attico tanto dentro, quanto fuori, colle aperture degli spicchi, che verso, il Cupolino finiscono in niente: tutte ci mostrano dilatazione verso l'imposta, e però allontanamento dal mezzo, A queste si aggiungono le congruenze, e sono la dilatazione de' cerchi, indicata dal moto de' Paletti: la spaccatura Orizzontale in cima a' Costoloni, quale appunto doveva esservi abbassandosi quelli, e dando in dentro colla lor cima nell'abbassarsi: lo scompaginamento del Cupolino colla sua divisione Orizzontale a mezzi i pilastrì continuata per tutto il giro: lo stritolamento de' travertini, di cui è incrostato il Tamburo da quella parte verso cui piega. Tutti questi congiunti con que' di più, i quali si trovano nel confronto, che nella prima nostra Scrittura abbiamo fatto del sistema co' fenomeni, uniti insieme sono segni sì manifesti, e pruove sì convincenti di questo moto del Tamburo coll'Attico, e dell'imposta della volta in fuori, che non sappiamo cosa possa richiedersi d'avvantaggio. Potrebbe esso aversi certamente per dimostrato, quando anche non si sapesse altro, che il generale strapiombare in fuori del Tamburo fabbricato fuor d'ogni dubbio senza tale pendenza.

Della seconda parte, che consiste nell'aver girato in fuori i Contraforti, ne avevamo di prima per pruova il loro distacco dal [LIV] Tamburo coll'apertura sopra gli Archetti, mentre piegandosi in fuori quello, non potevano quelli staccarsene, senza piegarsi fuori ancor essi: la spaccatura di tutta la volta del Corridore in giro col distacco di quella parte esteriore, sù cui si appoggiano i Contraforti dall'altra interiore: il distacco del muro esteriore del pavimento: l'apertura Orizzontale interiore di esso muro continuata per tutta la sua grossezza e verso la superficie esteriore ridotta al niente: le aperture del muro esteriore alquanto, inclinate, ma tali, che nell'andare in sù si dilatano. Queste cose tutte ci avvisavano di quella piegatura, e si accordava be-

ne con essa lo stritolamento de' travertini nell'incrostatura esteriore della base, verso cui facevasi la piegatura medesima. Ora poi collo sbilanciare de' Contraforti tutti in fuori, anche questa seconda parte del nostro sistema viene ad essere un fatto, non più bisognoso di essere inferito per via di raziocinj

Questo è tutto il sistema de' danni, spogliato da ogni considerazione delle cagioni. Nelle pagine 16. 17. 18. 19. della nostra prima Scrittura si vede assai più diffusamente mostrato, quanto si accordi bene questo sistema co' Fenomeni: nè fin'ora abbiamo udita cosa, che si opponga al medesimo, se esso ben si comprenda, e si considerino tra le altre cose due modificazioni della Fig. 2. La prima è posta alla pag. 15., in cui si dice, che il muro del Tamburo in varie altezze è rimasto sforzato, e piegato massime nel sito de' vani delle finestre la qual cosa nè si può provar impossibile o innaturale, e si ricava immediatamente da due fatti troppo patenti, che sono: 1. Tutta la base, toltone un sito solo, priva d'ogni indicazione di moto sensibile fino a poco sotto le finestre: 2. Il tanto dar in fuori la cima del Tamburo colle aperture massime nel sito delle Scale a lumaca, in cima assai grandi, e terminate in niente quasi tutte assai prima di giungere al fondo della base; comprovandosi anche dalle indicazioni de' peli orizzontali, che si vedono ne' Pilastrì. La seconda si ricava dalla pag. 29. ed è, che quantunque dando in fuori il Tamburo dovevano vedersi fuori nell'Ordine Attico maggiori aperture orizzontali di quelle si scorgano (ché le verticali in esso, e dentro, e fuori sono ben molte) le quali nella Fig. 2. son'espresse in *ii*, ad ogni modo ciò non è accaduto, essendo le medesime state compensate, a nostro giudizio, dalla compressione [LV] seguita nella parte interiore dell'imposta, per cui l'aperture della parte esteriore sono divenute minori: onde appunto abbiamo ivi ricavata la medesima compressione

Qui per ispiegare qualche altro Fenomeno, ci conviene aggiungere, che non è maraviglia, che in qualche luogo nelle aperture verticali, o inclinate si veda una delle due parti abbassata alquanto sotto dell'altra, che d'ordinario si riduce a mezzo minuto, o a un minuto, e rare volte passa due. Nel rimanere tutto il peso appoggiato, sù quel lembo esteriore sù cui si piega il masso che s'apre, non è possibile, che non ne siegua qualche ammaccamento o compressione tanto nel cantone, che preme, quanto nell'Arco, o Muro inferiore, che riceve maggior pressione come abbiamo nella prima nostra Scrittura supposto, nell'Imposta, e nel muro del Tamburo. Da questa compressione nasce qualche piccola discesa, e non essendo la compressione medesima in ogni luogo uguale, facilmente ne viene, che una parte discende sotto l'altra.

Venendo ora alle cagioni, non ci tratteremo ad esaminare quanto sussistano quelle, che l'Autore adduce nel suo sistema; diremo solo che la nostra ci pare tanto naturale, che nulla più. Anche prescindendo da tutti i Calcoli è cosa troppo nota, che ogni Volta, ogni Arco esercita una spinta di fianco. Ogni portoncino di Villa, che sia fatto ad Arco, è fatto co' suoi rin fianchi agli Stipiti, perche non ne sieno rovesciati dalla forza laterale di esso. Così parimente le Cupole esercitano tutte una pressione laterale, con cui si sforzano di rovesciare l'appoggio. Quanto esse sono di sesto più

acuto tanto agisce meno una tal forza, ma pure vi è sempre. Così appunto una verga, esempio di cui ci siam serviti nell'altra nostra Scrittura, collocata tra un piano verticale, e l'altro Orizzontale ben levigati, si sforza di sdrucciolare; Ne ciò accade alla sola verga diritta: ogni Arco di cerchio benché sul piano Orizzontale si inalzi a perpendicolo, si sforza pure di sdrucciolare; meno, è vero, che una linea diritta: ma pure si dimostra facilmente co' principj di Statica, che si sforza, e sdrucciolerebbe se non vi trovasse ostacolo; perché il suo centro di gravità si trova sempre in istato di scendere collo sdrucciolare di esso medesimo. Hanno ritrovata i Geometri la maniera di costruire le Volte in tal guisa, che tutte le parti stiano fra loro in equilibrio; ma dimostrano insieme, che non si può con [LVI] tal legge compire la Volta fin all'ultimo pezzo orizzontale, onde si possa sostenere come da se senza bisogno d'un qualche appoggio, che trattenga, e raffreni un'inevitabile forza laterale, quale devono necessariamente esercitare, e con cui tendono a rovesciarlo. Questa laterale forza, che ha da se stessa ogni Volta, si accresce certamente di molto colla pressione del Cupolino: ed è verità dimostrata, che in ogni sorte di Cupole il Cupolino notabilmente accresce la forza laterale delle medesime.

Supposto questo, vedendosi da noi l'effetto così, conforme ad una cagione si naturale, col vedere la piegatura in fuori di, tutto il Tamburo, e di tutti i Contraforti, che ora son, divenuti due fatti ricavati immediatamente, amendue dall'osservazione confermati con tante prove, abbiamo paragonato servendoci della Geometria e del calcolo la medesima forza con la resistenza del sostegno, protestandoci di non metter in conto la coesione de' muri, che oltre all'esser troppo incerta, e moralmente impossibile a determinarsi, certamente è tale, che di essa negli edificj di vasta mole deve fidarsi meno che può ogni perito Architetto; ed avendo trovata la prima maggiore della seconda in una molto ragionevole supposizione, espressa alla pag. 29. non abbiamo dubitato punto d'aver ritrovata la vera causa del male, ed applicatile i veri, ed efficaci rimedj.

Ne ci si opponga, che doveva piuttosto in altri siti farsi il distacco come sarebbe, o ad un terzo di Cupola, piuttosto, che nell'imposta, e o in fondo all'Ordine Attico, o in fondo al Tamburo piuttosto, che verso il mezzo di questo in varie altezze. Dove sieno le aperture, l'abbiamo ricavato dal Fatto, il quale ci mostra insieme, che atteso tutto il complesso delle circostanze, ivi necessariamente doveva essere il sito più debole, dove sono seguite. Ma riflettendovi bene vi si scorge pur anche la sua ragione. I Muri de' Costoloni più grossi nelle maggiori altezze per il maggiore discostamento della Cupola interiore dall'esteriore, e lavorati con più diligenza saranno stati la causa che il dar in fuori si sia, fatto piuttosto verso l'imposta. L'Ordine Attico è tanto basso, che i Costoloni per dargli la leva, e rovesciarlo, lasciando immobile il Tamburo, avrebbero dovuto o inalzarsi troppo, o troppo più comprimere la stessa imposta, che per rovesciare il Tamburo insieme con esso: e il Tamburo meno resisteva nel sito dei [LVII] tanti vani delle finestre ad essere Piegato in fuori, che nel più pieno, e più duro Masso della sua base: così la rottura richiesta per la discesa de' Costoloni è

seguita piuttosto negli spicchi, perché più sottili; ed il distacco de' Contraforti s'è fatto nel meno grosso, e dove forse le svenature de' travertini l'avranno agevolato.

Essendosi ritrovato da noi lo sbilancio di tre milioni di libbre nella forza laterale, che spinge; questo a poco a poco è andato formando i distacchi, ed insieme rovesciando i massi, distaccati nell'atto stesso di rovesciarsi da una medesima forza, impiegata nel tempo stesso a vincere le due resistenze una del peso, e l'altra della tenacità delle parti, minori amendue insieme di quella sola. Avrebbe certamente a quest'ora esso sbilancio gettata a terra la vasta mole, se non vi fossero state sempre nuove, parti da distaccare e comprimere col propagarsi innanzi le spaccature; e se nell'imposta principalmente le parti di già compresse non esercitassero sempre maggior resistenza alle compressioni ulteriori; le quali ritardano è vero la rovina, ma giacche il moto non cessa, e si avvanza, non ne rimuovono un troppo manifesto pericolo, ed un timore troppo giustificato.

Il moto in fuori de' Contraforti assai bene ricavasi da quella pressione laterale del Tamburo, il quale quantunque ora paja da' medesimi distaccato, e in più luoghi lo sia, pure in altri molti li tocca e continuamente li incalza urtando colle prominenze del masso attaccatogli le prominenze, dell'altra parte separatane con ineguali, e irregolari aperture. Questa cagione diverrà più verisimile se si consideri, che i Contraforti non si potevano in conto alcuno piegar in fuori, e girare attorno all'angolo esteriore in vigore del proprio peso mentre appoggiano sul muro esteriore della base in modo, che le colonne, medesime, che ne sono la parte la più pesante, e la più vicina al lembo esteriore, non corrispondono sù detto lembo, ma per il rientrare che fanno in dentro, corrispondono sull'opposto lembo interiore. Sporgendo di più in dentro, fuori del vivo di detto muro una metà della volta del Corridore, che or gli rimane attaccata, e tutto il masso che corrisponde sopra gli Archetti, quantunque un cornicione pesante verso la metà dell'altezza della base sporga fuori del vivo del medesimo muro dalla parte esteriore pure incomparabilmente è [LVIII] più grande il peso da cui è tirato in dentro il complesso de' Contraforti e della base. Onde secondo tutte le leggi della Statica si sforza questo di girare piuttosto in dentro, e benchè rialzato alquanto sull'ultimo lembo esteriore, pur esercita tutto il conto di ricadere sull'antico appoggio. Dove si noti, che se le acque piovano penetrando dentro a quel muro esteriore l'avessero indebolito, il che da noi non si crede, vi farebbe stato del cedimento, ma non mai un generale piegarsi in fuori rialzandosi dalla parte di dentro, e girando attorno alla superficie esteriore lavorata di Travertini.

Venendo ora a' rimedi, quantunque vi sarebbe molto da poter dire su quelli, che adotta l'Autore nel suo sistema, ad ogni modo non ammettendosi questo da noi, e parendoci di avere abbastanza provato, che non vi è nulla da temere dagli Archi, volentieri ci dispensiamo dall'esaminargli. Faremo, qui solamente alcune non inutili riflessioni su questa ultima parte de' rimedi da adattarsi, che è la più principale.

In primo luogo il cerchiare in più siti la Cupola e il Tamburo par necessario in qualunque supposizione, e non può nuocere. E troppo evidente lo scioglimento di

tutte le membra di questo corpo aperto in ogni parte con aperture che corrono dall'alto verso il basso: onde conviene riunirlo, e stringerlo in, se stesso. E troppo patente il moto in fuori indicato, oltre a tanti altri segni, dalle spaccature verticali distribuite in giro per tutto attorno, che crescono tanto nel salire per il Tamburo, quando nello scendere per la Cupola, ed è provato sì chiaramente dallo strapiombare in fuori sì dei Tamburo sì de' Contraforti. A questa dilatazione si oppongono que' medesimi cerchi che servono per riunire insieme le parti. In oltre questo è un rimedio con troppa pienezza di voti abbracciato nella congregazione da tutti, toltone un solo, che non fu contrario, ma per non avere ancora osservate le cose sulla faccia del luogo sospese, e su questo, e su gli altri punti il suo voto; giacche il Sig. Barigioni, che non convenne cogli altri nel quarto Articolo, in cui furono prescritti vari cerchj, ne approvò più d'uno, in quelle parole, del voto ivi letto, che abbiam riferite di sopra. Attese le quali cose, e avendo riguardo alla continuazione del movimento, di quella Mole, ci pare che non si debba differirne l'esecuzione. [LIX]

In secondo luogo il riempimento di alcun vani, che secondo noi sarebbe di poco o niun vantaggio, e secondo altri può riuscire col nuovo maggior peso di pregiudizio, pare che tanto più debba escludersi.

In terzo luogo i Contraforti col Muro esteriore della base pare indubitabile, che vadano riuniti al Tamburo, e alla base interiore, perche con essi formino un tutto da non potersi più dividere. Sbaglia certamente, chi stima essersi i Contraforti applicati dal Bonarota più per ornato, che per forza, e che senza di essi ugualmente bene si sosterebbe la vasta mole. Se si considerino le altre Cupole prive de' Contraforti, benche di sesto, più acuto, si troveranno esse sostenute da mura a proporzione assai più grosse, e meno indebolite da' Finestroni, e da' vani. Anche senza ricorrere allo sbilancio de' nostri calcoli, a quella che ha quali ducento palmi di vano, ogn'uno si accorgerà che quattordici soli palmi di grossezza di muro, che sono tanto meno della decima parte, farebbero troppo eccessivamente pochi; quando anche non fossero indeboliti per più di un terzo da' sedici Finestroni, e da' quattro vani delle Scale a lumaca. Gli rinfiancò il Bonarota co' Contraforti, e questi in ogni conto van conservati strettamente uniti al Tamburo, sì per non fidarsi de' soli cerchi a rattenere la forza laterale, sì per ovviare anche al patimento in se medesimo di Tamburo sì debole.

In quarto luogo nulla noi temendo degli Archi per tante ragioni addotte, persistiamo nel credere molto giovevoli, a muovere ogni pericolo dall'Ordine Attico, gli Speroncini colle Statue prescritte dal Bonarota, e a consigliarne l'esecuzione.

Finalmente purchè rimangano sodi in se stessi i Contraforti e bene attaccati al Tamburo, per, qualunque via ciò si ottenga, rispetto alla sodezza dell'edificio, sarà tutt'uno. Ma pure vedendosi alcuni di quelli troppo scompagnati, e di più essendosi nuovamente in tutti scoperto lo sbilancio in fuori, ci pare sempre molto più vantaggioso, se non unico, il modo da noi prescritto di rifarne da capo quella parte che ha patito tanto, e inserirvi dentro que' palettoni e catene piuttosto, che abbracciarli con delle staffe di ferro, e per via di queste stringersi al Tamburo; partito, che fu propo-



sto in congregazione come abbiamo esposto a suo luogo, e dall'Autore abbracciato sul fine della sua Scrittura. [LX]

Si esaminino le difficoltà, che vi possono essere per rifargli, indi si paragonino i due progetti per appigliarsi al più vantaggioso. Le difficoltà possono ridursi a queste tre. La prima; che nel rifargli patisca la Fabbrica: la seconda, che rifatti, o sieno inutili, o anche di danno: la terza la spesa.

Esaminata la prima con diligenza veramente ci è parso che non vi ha alcun pericolo. Si cinga prima co' cerchi l'ordine Attico, e co' cerchi e catene si fermi la base, indi di più si puntelli il Tamburo accanto al Contraforte, che si riaggiusta. È affatto evidente, che tutte queste resistenze per quei quindici o venti giorni, in cui vi mancherà quel medesimo Contraforte, faranno a molti e molti doppi più forza, che non fa ora esso solo, e questo sì mal ridotto. Pare questa una proposizione innegabile. La puntellatura poi e troverà la base più rassodata, e quando la trovi come sta ora, sarà in ordine a premerla l'effetto stesso, che ora fa il Contraforte; perché il Tamburo colla puntellatura spingerà la base appunto con quella stessa forza, con cui la spingeva per mezzo del Contraforte, anzi con una forza molto minore, per via de' cerchi già messi. Si rifletta principalmente, che il cambio non durerebbe, che pochi giorni.

Quando sieno rifatti, non saranno inutili, nè potranno essere di alcun danno. Non inutili, perchè l'unico motivo del riuscire tali sarebbe, che il nuovo non attacca col vecchio. Ma oltre che i Contraforti resistono molto anche appoggiati, e senza attaccatura, facendo ufficio di sperone, che resiste all'essere rovesciato, noi proponiamo di riunirli per via di catene al Tamburo, onde ne venga, che non si possano rovinare se non unitamente con esso, come se fossero tutto un masso. Le catene resisterebbero attaccate dalla parte di fuori ad un Palettone, e dalla parte di dentro due di esse al muro del Tamburo, che si trapanerebbe, ed una al Cerchione di ferro da collocarsi sotto il suo Cornicione. Nè vi sarebbe pericolo che le medesime indebolissero i Contraforti; giacchè ne portano via una piccolissima parte e un palmo di grossezza, che si aggiungesse al muro dei medesimo, aggiungerebbe a molti doppi più, di quello dovessero levar i buchi. Ne saranno dannosi imperocchè l'unico danno, che se ne potesse temere, sarebbe che coll'abbassarsi alettandosi, avessero a tirarsi dietro il Tamburo. Ma è certo, che se si lavorano con [LXI] diligenza, non vi sarà un tale pericolo, perchè essendo di travertino, non si dovranno assettare, e però non potranno abbassarsi, nè far patire il Tamburo col tirarselo dietro. Rassodati poi che sieno è evidente, che essendo la maggior parte del loro peso collocato dal mezzo della loro base in dentro e non in fuori, graviteranno in dentro, e terranno sempre ristretto in sè medesimo il Tamburo. Pare dunque che queste due difficoltà rimangano del tutto sciolte. La spesa poi si potrebbe diminuire di molto col non demolire se non quanto sarà precisamente necessario per rifare il già guasto, e de' materiali levati rimettere in opera tutto ciò che dalle spaccature non sia reso del tutto inutile. Ma se vi sia un considerabile vantaggio, trattandosi di una Cupola di S. Pietro, la spesa necessaria non è mai grave.

Veniamo ora al confronto de' due progetti, ed a' vantaggi del nostro.

1. Col rifare questi corpi già guasti si guadagna il poter mettere facilmente il cerchio piuttosto sotto al Cornicione del Tamburo nel vecchio fatto dal Bonarota, che in fondo all'Attico sopra l'attaccatura del nuovo aggiunto a' tempi di Sisto v.

2. Per quanto si stringano al Tamburo i Contraforti presenti stritolati in sè stessi, vi sarà sempre pericolo che non sieno abili a sostenere gli Speroncini colle Statue da collocarsi sopra per rinfiancare l'Ordine Attico, che sono o necessarj, o almeno massimamente giovevoli. A questi servono i Contraforti come di fondamento. Sarebbe un'errore sopra un fondamento tutto stritolato fidare una fabbrica nuova, persuadendosi che ha meglio abbracciarlo con qualche staffa di ferro, quando si può piuttosto assicurar col rifarlo.

3. Per unire i Contraforti al Tamburo, se si rifanno, basterà fare nel sito d'ogni Contraforte due soli buchi al medesimo Tamburo per inserirvi due delle tre catene, raccomandando la terza al cerchio. Se si abbracciano colle staffe di ferro; ve ne vorranno almeno tre per Contraforte, e però vi vorranno sei fori di più nel Tamburo, e di più converrà tormentare i Contraforti medesimi traforandogli nel sito delle Colonne in sei luoghi per ogni Contraforte, i quali in corpi tanto più piccioli, tanto già non solo intronati, ma guasti saranno di molto maggior pericolo, che i proposti da noi nel Tamburo, corpo tanto più vasto, e tanto meno aperto. [LXII]

4. Le catene venendo per mezzo al Contraforte rifatto riusciranno in Chiesa in un sito assai opportuno nel vano fra due pilastri ma le staffe batteranno nel mezzo de' Pilastri medesimi, ch'essendo di travertino si smoveranno tutti, anzi non si potrà far' a meno di disfarli in gran parte, per nascondervi dietro i Palettoni, che servono a tenerle forti; o se si vogliono evitare detti Pilastri, converrà storcere le staffe collocandole oblique, cosa che molto scenderà la loro forza.

5. Le catene collocate in mezzo a' Travertini del Contraforte rifatto saranno difese dalla ruggine, e le staffe che cingono i Contraforti di fuori o esposte all'aria dando subito nell'occhio saranno di molta deformità, e di poca durata arrugginandosi, o sarà molto difficile il coprirle senza qualche appiccicatura, che produca notevole deformità.

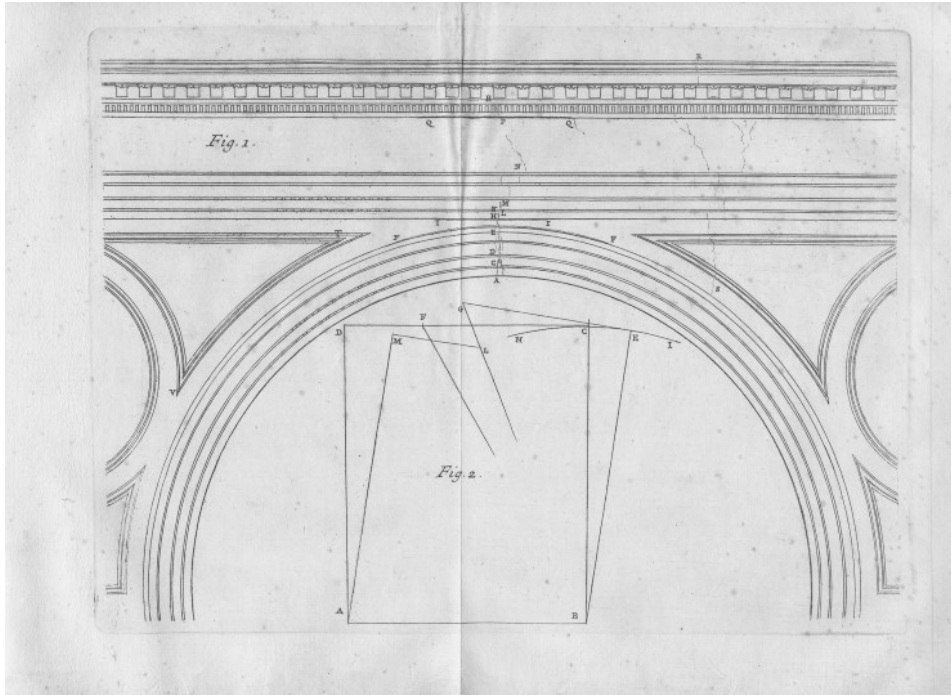
6. Rifacendoli si renderà l'antica vaghezza alla bellissima mole, ora molto offesa da tante aperture, e da tanti irregolari riporti di stuccature, che sfregiano in viso uno de' suoi più principali ornamenti.

Dal complesso di queste cose ci pare, che troppo chiaramente si ricavi un vantaggio grandissimo del nostro progetto, che non è di disfare una parte sì bella, e sì principale di quella Mole, ma di rifare il già guasto, e precipitato dalle rovine, rimettendolo in uno stato del pari vago, e più forte di quello fosse quando da principio fu lavorato.

Su gli Archi per maggior sicurezza giudichiamo, che debbano collocarsi de' pezzi di marmo a coda di Rondine, come pure sul muro della Tribuna de' SS. Simone, e Giuda, per vedere se mai più si risentano; lo stesso si potrà fare in varj luoghi delle

spaccature antiche, le quali vanno ristuccate tutte, ma ciò qualche tempo dopo, che siano messi i cerchi, e terminati i lavori de' Contraforti co' suoi speroncini, e colle Statue, che vi si devono metter sopra, perche sul principio dopo detti lavori, vi sarà infallibilmente qualche moto finche siegua l'assestamento de' cerchi, che non fanno tutta la loro forza, prima di avere acquistato un grado di tensione determinato.

Ci rimarrebbe l'aggiungere qualche cosa sull'ultime righe, ed ultime sillabe dell'Autore della Scrittura. Ma sù queste stimiamo meglio di non dir altro, risoluti di tollerare senza [LXIII] risentimento non solo le formole piccanti, ma da qualunque parte siano per venirci anche le ingiurie patenti, alle quali non risponderemo giammai, che con eccedere altrettanto in rispetto. Si prevedevano ben da noi, quando ci accinsemo ad eseguire gli adorati comandi del Sovrano, che ci richiese del nostro voto, tutti que' gran rumori, che si sarebbero infallibilmente eccitati, per esporci a' quali abbandonando la quiete de' nostri privati studj nulla meno si volle. Sa bene quegli per cui mezzo ci venne finalmente l'alto comando, quante volte richiesti privatamente da lui ad esporre i sentimenti nostri sù d'un affare così importante, con quanto premurose suppliche lo pregammo sempre a lasciarci godere la nostra quiete, e furono rappresentati al Sovrano i nostri giusti timori. Vinto per ubbidire ogni ostacolo, abbiamo esposto al publico i sentimenti dell'animo, che niuno, ci farà torto di giudicare meno sinceri, giacche furono esposti a cose intere, e senza motivo alcuno d'impegno, o di passione. Questo ci basta. Se saranno riuscite di qualche vantaggio al Publico le non poche nostre fatiche, goderemo dell'evento felice; se non incontreranno approvazione, ci basterà per conforto il buon animo, che abbiamo avuto; e nell'uno, e nell'altro caso ugualmente contenti ritorneremo all'antico nostro ozio. Questa volta coll'occasione di dare sulle nuove osservazioni, e sulle cose lasciate indecise il nostro voto, che è come una continuazione dell'altro, abbiamo alquanto diffusamente difeso quello, per far conoscere, che non tutto ciò che a prima vista fa dell'impressioni gagliarde nell'animo, o de' meno informati, o de' meno versati in qualche particolare materia, ha in se medesimo quella forza, che vi si scorge. In appresso siamo risoluti di contenerci diversamente. Udiremo volentieri ogni cosa, e solo fra qualche tempo soddisfaremo il Publico delle cose più principali, che concernono qualche giustificazione di fatto, o qualche schiarimento di punto dottrinale, alienissimi da ogni spirito di contesa e da ogni ambizione di galleggiare. [LXIV]



## **LA PERIZIA SULLA BIBLIOTECA CESAREA**



## 1. *Le motivazioni della consulenza*

La Biblioteca Cesarea o Hofbibliothek, oggi Biblioteca nazionale austriaca, fu terminata nel 1735, su progetto dell'architetto Johann Bernhard Fischer von Erlach<sup>1</sup>. Essa utilizza le fondazioni, di quella che doveva essere una scuola di equitazione, gettate nel 1681 tra la parte meridionale dell'Hofburg<sup>2</sup> e la chiesa di Sant'Agostino. L'imperatore Leopoldo I<sup>3</sup> aveva cominciato a far costruire questa scuola con l'intenzione di farvi al piano superiore la propria biblioteca. I lavori furono interrotti a causa dell'assedio dei turchi alla città di Vienna.

Johann Bernhard Fischer von Erlach ricevette l'incarico per il progetto della biblioteca dalla nuova imperatrice Maria Teresa e presentò un suo progetto nel 1716. Per iniziare i lavori si dovette però aspettare che fossero disponibili i fondi, arrivando così al 1722. Un anno dopo Johann morì e il compito di continuare l'opera fu affidato al figlio<sup>4</sup> Joseph Emanuel che completò l'opera nel 1735.

---

<sup>1</sup> Johann Bernhard Fischer von Erlach (1656-1723). Il maggior architetto austriaco del Settecento, tra le personalità più significative del barocco europeo. Figlio di uno scultore, dopo aver studiato presso la bottega del padre nel 1674 scese in Italia con Philipp Schor, dove ebbe modo di conoscere Giovanni Pietro Bellori, Cristina di Svezia, Athanasius Kircher, Carlo Fontana e Gian Lorenzo Bernini. La sua attività di architetto ebbe inizio nel 1687, con il ritorno in patria: a Vienna realizzò il Castello di Schönbrunn (1693), la chiesa di San Carlo (1715) e il progetto della biblioteca di corte (1716).

<sup>2</sup> Il complesso dell'Hofburg si trova a Vienna ed è stato il centro del potere austriaco per più di sei secoli, insieme al più periferico ma meno antico Castello di Schönbrunn. Il complesso di edifici è stato costruito nei secoli senza un progetto di base. Il nucleo più antico è il Schweizerhof, fortezza costruita intorno al 1275, seguita poi da un più ampio sviluppo nel Cinquecento: l'Alte Burg, il Schweizertor, la Stallburg, l'Amalienburg risalgono a quel secolo. Tra il Seicento e il Settecento sono edificati poi il Leopoldinischertrakt (Ala Leopoldina), il Reichskanzleitrakt (Ala della Cancelleria Imperiale), il Maneggio coperto. Più recenti, della fine Ottocento, sono la Neue Burg, il Michaelertrakt e il Michaelertor.

<sup>3</sup> Leopoldo I d'Asburgo (1640- 1705). Imperatore dal 1658, re d'Ungheria dal 1655 e di Boemia dal 1656. Figlio e successore di Ferdinando III, respinse l'attacco dei turchi nel 1683, espandendo i domini austriaci verso oriente. Contrastò a occidente l'espansionismo di Luigi XIV di Francia, fino alla guerra di successione di Spagna. Realizzò importanti riforme amministrative e fece un'attiva politica imperiale.

<sup>4</sup> Joseph Emanuel Fischer von Erlach, detto anche Fischer von Erlach il giovane (1693-1742). Architetto austriaco del barocco e rococò. Figlio di Johann Bernhard Fischer von Erlach. continuò alcuni progetti del padre tra cui la Karlskirche in Vienna, la Hofbiblio-

La struttura all'inizio dei lavori fu collegata alle esistenti fondazioni con chiodi di ferro, ma questa precauzione si rivelò inadeguata perché la parte meridionale del fabbricato cedette, solo quaranta anni dopo l'inizio dei lavori, minacciando anche l'integrità della cupola. Il lavoro di restauro fu affidato dall'architetto di corte Nikolaus Pacassi<sup>5</sup>, che iniziò i lavori nel 1763 e li terminò nel 1769. Egli rinforzò le fondazioni, inserì due nuovi pilastri che con dei sotto archi irrobustivano gli archi su cui si appoggiava il lato lungo della cupola. Pacassi costruì anche due ali trasversali al corpo rettangolare della biblioteca, su proprio progetto, differente da quello esistente ma non realizzato di Joseph Emanuel Fischer von Erlach.

Nel gennaio del 1763 Boscovich era a Vienna come tappa di avvicinamento a Roma del suo avventuroso e faticoso viaggio di ritorno da Costantinopoli<sup>6</sup>. Qui si tratteneva sino a marzo, curando tra le altre cose la difesa della repubblica di Lucca nella controversia sulle acque con la Toscana. Boscovich era ormai uno scienziato affermato e ben supportato dal suo ordine, quello dei gesuiti, molto sensibile ai riconoscimenti terreni dell'eccellenza scientifica dei suoi membri. Boscovich si era fatto anche una discreta fama come architetto, principalmente per la sua relazione sulla cupola di San Pietro<sup>7</sup>. Se è vero che questa relazione fu in larga parte criticata da Giovanni Poleni, consulente di riferimento di Benedetto XIV il papa allora in carica, è anche vero che l'eccellenza del suo contributo non sfuggì alle persone più attente. Nulla di strano quindi che gli venisse affidata la consulenza importante sul restauro della Hofbibliothek di Vienna. Dalla perizia di Boscovich risulta come egli abbia discusso dei problemi strutturali con l'architetto di corte Pacassi, al quale erano stati affidati il progetto e l'esecuzione dei lavori di restauro prima dell'intervento di Boscovich.

thek e la Winterreitschultrakt. Fino al 1714 ricevette l'istruzione da un eccellente ospite di suo padre, Gottfried William Leibniz.

<sup>5</sup> Nikolaus (Nicolò) Pacassi (1716-1790). Architetto attivo soprattutto negli stati asburgici. Fu un architetto Austriaco di ascendenza italiana (goriziana), il padre era Giovanni Pacassi scultore italiano mentre la madre era di nazionalità austriaca. Nel 1753 fu nominato architetto di corte dall'imperatrice Maria Teresa. Fu autore di molti lavori specie in Vienna, Praga, Budapest, Gorizia e Gradisca, tra cui l'ampliamento del castello di Schönbrunn, il restauro e l'ampliamento della Hofbibliothek.

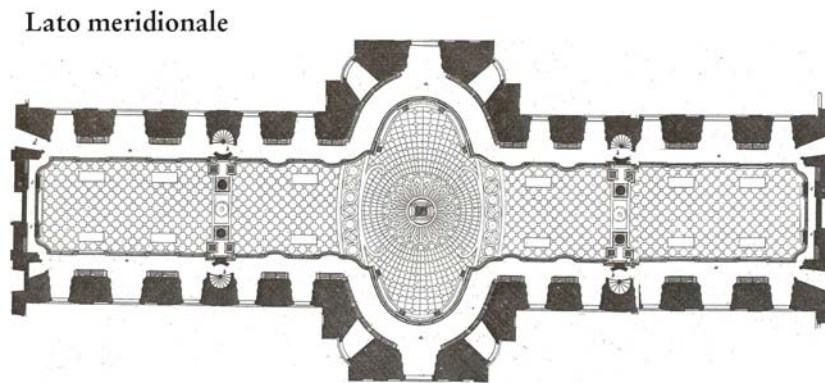
<sup>6</sup> Per un resoconto di questo viaggio vedi R.G. Boscovich, *Giornale di un viaggio da Costantinopoli in Polonia*, a cura di E. Proverbio, Edizione nazionale delle opere e della corrispondenza di Ruggiero Giuseppe Boscovich; vol. XVII/II, 2008.

<sup>7</sup> F. Jacquier, T. Le Seur, R.G. Boscovich, *Parere di tre matematici sopra i danni, che si trovano nella cupola di S. Pietro*, Pallarini, Roma 1742.



## 2. La geometria

L'edificio, su due piani, ha una pianta rettangolare; la parte inferiore, che funzionava come magazzino, è voltata a botte. La parte superiore, dove è alloggiata la biblioteca, si allarga nella parte centrale con due orecchie ellittiche, o "cappelloni", secondo quanto illustrato nella Figura 2.1; si possono così, individuare la sala centrale ellittica e i due corpi rettangolari. Anche la parte superiore è voltata a botte nei corpi rettangolari, è invece coperta da una cupola ellittica nella parte centrale.



**Figura 2.1** Pianta della Hofbibliothek<sup>8</sup>.

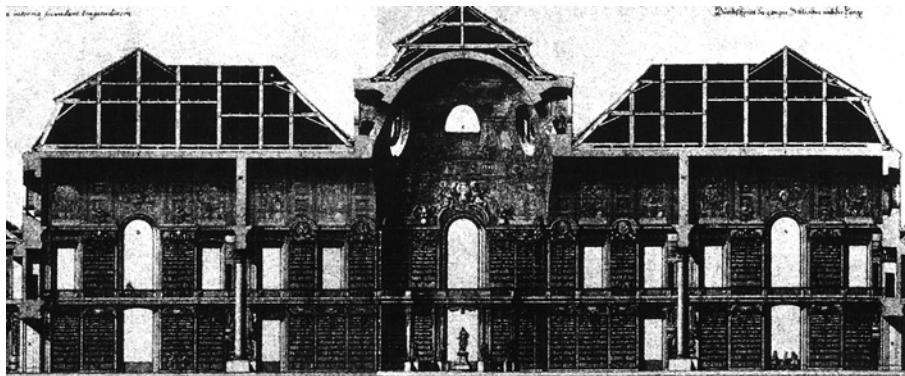
Sulle parti voltate a botte e sulla cupola ellittica, sorretti da un folto intreccio di travi in legno si appoggiano dei tetti molto spioventi, secondo quanto illustrato dalla Figura 2.2. La cupola ovale appoggia, nella direzione dell'asse maggiore, su due grandi archi che costituiscono l'estremità delle volte a botte dei due corpi rettangolari, appoggia invece, nella direzione dell'asse minore, sulle murature dei due "cappelloni" che sporgono dal lato lungo. La cupola è forata da otto grandi finestroni forma ovale.

Internamente l'edificio è lungo circa 73 metri, largo 13 metri. L'altezza interna passa da circa 15 metri nelle ali, a 25 metri nel punto più alto della cupola ellittica.

---

<sup>8</sup> Questa e le figure seguenti riguardanti la Hofbibliothek mi sono state gentilmente fornite dall'Istituto Storico Austriaco di Roma, cui va il mio ringraziamento anche per le preziose informazioni in merito alle vicende della Biblioteca.

Lo spessore delle mura perimetrali è di circa 2,5 metri<sup>9</sup>. La cupola ellittica ha l'asse maggiore di circa 20 metri, quello minore di 11 metri, mentre la sua monta è quasi 11 metri. Lo spessore della volta a botte è circa 70 centimetri; quello della cupola ellittica varia da 1,10-1,20 metri all'imposta a meno di 90 centimetri in chiave.



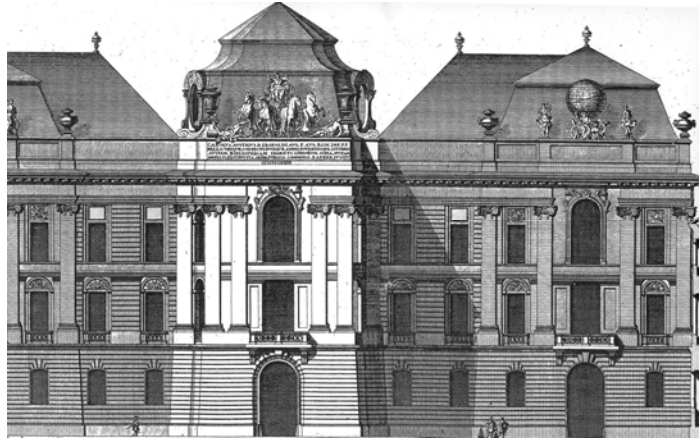
**Figura 2.2** Sezione longitudinale della Hofbibliothek.

All'interno, sulla metà delle pareti dei corpi rettangolari, vi sono quattro scale a chiocciola, due per parte, che portano al ballatoio superiore, sorretto da mensole, il quale divide verticalmente in due la biblioteca consentendo l'accesso agli scaffali più alti. In ogni corpo rettangolare, all'altezza delle scalette, vi sono due colonne collegate da una piattabanda, sopra la quale una muratura chiude il corpo fino all'altezza della volta (vedi la Figura 2.4). La facciata del piano della libreria è forata con due ordini di finestre. Il lato settentrionale è riccamente decorato da statue con cavalli e cavalieri, mostrati nella Figura 2.3, il cui peso grava sull'arco che delimita la finestra che si apre sul fondo del cappellone.

Nella sala ovale, sul lato dei cappelloni, vi sono quattro doppi pilastri per lato che sorreggono il ballatoio come risulta dalla pianta (Figura 2.1) e dalla foto dell'interno (Figura 2.4).

---

<sup>9</sup> Le misure sono tratte direttamente dai disegni.



**Figura 2.3** Facciata settentrionale della Hofbibliothek con il monumento marmoreo dei cavalli.



**Figura 2.4.** Interno della Hofbibliothek con i pilastri che sostengono il ballatoio nella sala ovale.

### 3. *La relazione di Boscovich*

La relazione di Boscovich<sup>9</sup> segue la falsariga di quella presentata per la cupola di San Pietro in Roma nel 1742: prima viene fatto il rilievo dei danni, poi da essi si ricava il cinematismo di rottura e si individuano le cause, infine si suggeriscono i rimedi. I vari passaggi sono comunque molto meno impegnativi, sia per la minor rilevanza da un punto di vista statico dell'opera, sia, o forse specialmente, per un diverso tipo di committenza. La differenza principale rispetto alla relazione romana è la mancanza nella presente relazione di una valutazione numerica del grado di pericolosità dell'edificio.

#### 3.1. *“De' danni osservati nelle parti dell'edificio”*

Boscovich parte dalle cantine per esaminarne le fondazioni, ma qui non rileva nulla di notevole anche per la difficoltà di osservazione. Riguardo il piano delle “rimesse” osserva un distacco delle murature del cappellone sul lato meridionale da quelle del corpo della biblioteca. Questo distacco non si nota per il cappellone del lato settentrionale. Entrambi i cappelloni appaiono invece separati a livello della biblioteca.

A partire del paragrafo 15 della sua perizia Boscovich riporta alcune misurazioni fatte con il filo a piombo. In particolare riferisce sulla verticalità o meno dei muri dei corpi rettangolari della biblioteca e di quelli dei cappelloni, per i quali fa riferimento ai pilastri che qui sorreggono il ballatoio. Dalle misurazioni trova che muri e pilastri pendono in fuori, che i muri del corpo della biblioteca pendono meno di quelli dei cappelloni, per i quali registra una pendenza di poco superiore all'1%. I muri dei cappelloni pendono in fuori sia in direzione trasversale sia in direzione longitudinale. Oltre al moto globale alcuni muri dei cappelloni mostrano un moto loro proprio che è comunque di piccola entità.

Le scalette che portano ai ballatoi per la consultazione dei libri sugli scaffali più alti, mostrano dei distacchi dalle murature. Nelle parti terminali dei corpi rettangolari della biblioteca, lateralmente alle due coppie di colonne di fronte alle scale a chiocciola, la volta mostra solo qualche fessura, come fanno anche gli archi delle finestre. Nel pavimento sotto la cupola si vede una lesione in corrispondenza dei cappelloni.

I grandi archi che si trovano alle estremità delle volte a botte verso il centro dell'edificio, e sorreggono la volta ellittica dalla parte dell'asse minore sono danneggiati abbastanza seriamente. Come pure sono danneggiati gli archi ribassati dei

---

<sup>9</sup> R.G. Boscovich, *Scrittura sugli danni osservati nell'edificio della Biblioteca Cesarea di Vienna, e loro riparazione*, Vienna 1763.

finestroni sul fondo dei cappelloni, specie quello che porta i quattro cavalli in marmo. La cupola ellittica è fessurata in corrispondenza del distacco dei cappelloni dal corpo della biblioteca.

### 3.2 “*Del sistema generale de’ movimenti seguiti*”

L’analisi del cinematismo di rottura comincia con l’affermazione:

In primo luogo è cosa troppo evidente, che la nuova aggiunta, che sostiene i due cappelloni della cupola, attaccata fino al piano del pavimento della libreria a’ muri vecchi dell’antica cavallerizza, ora rimessa, si è distaccata dal vecchio, e che i due cappelloni, che vi corrispondono, rimanendo sensibilmente interi in se stessi, si sono distaccati da quello che corrisponde sopra il vecchio con un distacco generale, che si v’è almeno dal piano delle rimesse in sù fino alla cupola<sup>10</sup>.

Sulla base delle misurazioni Boscovich si sente di poter affermare che non c’è stata una discesa globale delle fondazioni dei cappelloni, o almeno questa discesa non è rilevabile in prossimità delle fondazioni del corpo della libreria. Per cui per spiegare il distacco dei cappelloni presenta le due ipotesi:

- a) I cappelloni hanno ruotato in modo rigido attorno a un asse passante per la linea di separazione tra vecchio e nuovo.
- b) I muri si sono piegati senza una rotazione della fondazione ma per schiacciamento della muratura nella parte esteriore.

Secondo Boscovich la limitata precisione delle misure non consente di scegliere tra le due ipotesi.

La sezione sull’analisi dei movimenti si conclude con la rassicurante notizia che il movimento dei cappelloni è fermo da alcuni anni.

### 3.3 “*Delle cagioni de’ movimenti seguiti*”

Boscovich comincia con l’escludere una serie di possibili cause, verosimilmente suggerite da altri consulenti, non citati. Esclude che la ragione dei cedimenti sia da ricercare nei lavori di costruzione del passaggio che dalla biblioteca porta alla chiesa di Sant’Agostino, anche perché lo scavo è fatto solo sul lato meridionale mentre i cappelloni hanno ceduto su ambo i lati. Esclude anche che la ragione sia da ricercare

---

<sup>10</sup> R.G. Boscovich, *Scrittura sugli danni osservati nell’edificio della Biblioteca Cesarea di Vienna, e loro riparazione*, cit., § 29.

nella debolezza delle fondazioni dei cappelloni, perché in questo caso, secondo lui, si sarebbe avuto un cedimento uniforme.

Attribuisce l'inclinazione dei muri della biblioteca all'«effetto del primo assestamento». Ritiene anche che questo assestamento non sia dovuto alla spinta della volta a botte, perché essa non presenta lesioni (anche se poi in un altro punto, paragrafo 60, parla di un possibile contributo della spinta). Il cedimento potrebbe anche essere dovuto a infiltrazioni di acqua. Il muro del lato nord non sembra essersi piegato, anche se Boscovich non ne ha la certezza per la mancanza di misure di verticalità.

L'inclinazione dei cappelloni invece per Boscovich dipende dalla spinta eccessiva della cupola aggravata dal peso del tetto che vi poggia sopra:

La cagione de' mali la piu principale, credo, che sia stata quella, che certamente io credo, essere stata la cagione di tutti i danni della cupola di S. Pietro di Roma, cioè la spinta laterale di essa cupola. Questa spinta è stata quà molto ajutata dal peso di tutto il suo tetto, che parte si appoggia sulla cupola istessa, parte preme obliquamente i muri. Questa pressione del tetto deve essere incomparabilmente maggiore in una cupola, che in ogni altra sorte di tetti<sup>11</sup>.

È vero – dice Boscovich – che la maggior spinta va in direzione dell'asse minore dell'ovale, ma questa è assorbita dalla volta a botte che costituisce la copertura delle ali della libreria. Quindi i danni particolari seguono tutti dalla spinta secondo l'asse maggiore della cupola.

Boscovich poi individua alcune debolezze nella progettazione; l'assenza di contrafforti e mura troppo sottili rispetto alle dimensioni della cupola; l'essere la cupola fabbricata male con mattoni troppo radi e essere forata da troppe finestre, essere sostenuta da due archi troppo deboli.

Ammette che possano esservi altre cause dei cedimenti riscontrati, come le acque piovane che cadendo dal tetto possono avere ammorbidito il terreno.

### 3.4 “*De rimedj, che si devono mettere in opera*”

Boscovich esordisce asserendo che la cupola può essere mantenuta:

Innanzi ad ogni altra cosa devo dichiarare, che io per me sono persuasissimo, che non vada demolita la cupola in alcun modo, essendovi una morale sicurezza di fortificarla, e conservarla. Il non avere ceduto i fondamenti, [...] e l'essersi mantenuti interi in se stessi i due cappelloni,

---

<sup>11</sup> Ivi, § 52.

senza dissestarsi [...], mi fa coraggio per affermare la suddetta proposizione. Mi conferma in essa assai più ancora il vedere, che essa si è conservata da se per più anni senza alcuna puntellatura di fuori, senza alcun sostegno del suo totale messo al di dentro [...]<sup>12</sup>.

Per quanto riguarda le mura della biblioteca non crede necessario nessun provvedimento. Per quanto riguarda il tetto sopra la volta a botte della libreria segnala il pericolo di incendi delle travi ma non suggerisce esplicitamente la loro eliminazione.

Il rimedio principale proposto è quello contro la causa principale: la spinta della cupola. Allo scopo prevede la messa in opera di almeno due catene o cerchioni di ferro che circondino la cupola, una più bassa e una più alta.

Qui Boscovich si toglie un sassolino lanciando qualche frecciata contro Giovanni Poleni:

Co' cerchi si è frenato la spinta laterale della gran cupola di S. Pietro di Roma, la quale certamente aveva seguitato a far crescere continuamente la pendenza di tutti i suoi superiori sostegni, e le tante aperture. Il sig. March: e Poleni, che per certi fini politici ha negata questa spinta, e che ha detto, non essere necessarj i cerchi, ad ogni modo ha voluto, che si mettano que' 5, che già erano progettati, insistendo su ciò dopo di avere vedute cogli occhi suoi gli effetti; benché con quella ordinazione disgustasse anche il partito, che lo aveva chiamato a cose concertate con esso, quale partito per secondi fini voleva si dicesse, che non vi era bisogno di nulla. Rimane poi ben intrigato quando stampati già gli altri libri della sua opera vedè, che scoperto un cerchio antico messo nel tempo stesso della costruzione di quella gran mole, dopo una gagliarda tensione si era rotto, e distaccato in un luogo per 5 dita, in un altro per tre, come si vede dalle innaturali spiegazioni, che si sforza di dare a questo fenomeno nell'ultimo libro della sua opera. I cerchi furono messi in quel maggior numero oltre alla restaurazione del rotto, e ben stretti, né da quel tempo fino alla mia partenza da Roma in 15 anni erano seguiti altri movimenti sensibili in quel genere.

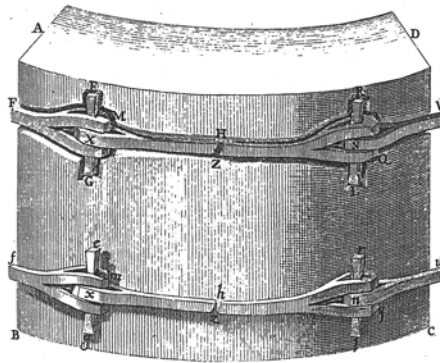
In effetti Poleni, dopo avere argomentato contro il parere di Boscovich e compagni che ritenevano possibile un crollo della cupola<sup>13</sup> e avere sostenuto che non c'era alcun pericolo, per "sicurezza" proponeva l'adozione di cinque cerchioni in ferro attorno alla cupola.

---

<sup>12</sup> Ivi, § 63.

<sup>13</sup> F. Jacquier, T. Le Seur, R.G. Boscovich, *Parere di tre mattematici sopra i danni, che si trovano nella cupola di S. Pietro*, cit.

Boscovich fornisce anche qualche dettaglio su come fare gli intagli nella muratura della cupola per alloggiarvi i cerchi. Suggerisce poi di adottare l'accorgimento escogitato da Vanvitelli per tirare le catene. Esso è illustrato nella Figura 3.1 dove si vede bene che le catene vengono tirate imponendo che due cunei scorrano l'uno sull'altro grazie all'uso di un martello.



**Figura 3.1** Sistema per tirare le catene ideato da Vanvitelli<sup>14</sup>.

Propone anche l'utilizzo di catene rettilinee. Non è però facile capire dove le vorrebbe mettere perché fa riferimento a una pianta, non allegata, in cui i pilastri sono individuati dalle lettere utilizzate in qualche relazione non pervenutaci. Con un po' di buon senso si può dire che alcune catene dovrebbero passare sotto il pavimento della biblioteca, da cappellone a cappellone, contrastando le spinte lungo l'asse maggiore della cupola ellittica. Altre andrebbero posizionate in alto, sempre nella stessa direzione. Non è chiaro dove; comunque in modo tale che si possano incassare nella muratura e quindi rimanere nascoste.

Boscovich accenna poi al principale provvedimento di restauro proposto dall'architetto di corte Nikolaus Pacassi. Si tratta di rinforzare gli archi che chiudono le volte a botte verso l'interno e sostengono la cupola, con un sotto arco portato ciascuno da due pilastri.

Questi pilastri ed archi non deformeranno punto la libreria, ne la ingombreranno troppo, dovendo venir in fuori assai meno di quello, che vengono in fuori le colonne; anzi potranno ornarla. Verso il terzo del loro sesto<sup>15</sup> vorrei una catena rettilinea per uno, la quale andasse avanti

<sup>14</sup> G. Poleni, *Memorie istoriche*, cit., p. 80.

<sup>15</sup> Dell'arco.



fino a' pilastri di fuora segnati colle lettere V, E, P, K, de' quali si è fatta menzione al numero 70, badando bene di fare il lungo foro in modo, che non patiscano i muri, e non si scuota troppo la fabbrica. Queste catene non avrei difficoltà, che si vedessero ancora per quel tratto, per cui rimanessero scoperte nel vano degli archi, che non deformerebbero considerabilmente, e le stimo utilissime, se non anche necessarie in un sito, in cui l'arco aggravato di sopra deve spingere in fuori<sup>16</sup>.

Suggerisce anche che questi sotto archi siano dotati di una catena disposta a un terzo della monta. Seguono poi indicazioni per rinforzare elementi strutturali meno importanti. In particolare suggerisce di rinforzare l'arco del finestrone sul fondo del cappellone settentrionale che porta i cavalli in marmo.

Negli ultimi tre paragrafi, prima dei convenevoli, Boscovich propone anche dei rimedi più impegnativi da mettere in opera nel caso in cui si dovessero registrare nuovi movimenti della cupola e dei muri. Tra di essi il più drastico per l'estetica dell'edificio è l'eliminazione del tetto sulla cupola, la quale dovrebbe semplicemente essere ricoperta di piombo. Se ciò non dovesse bastare, continua ancora Boscovich, si dovrebbero predisporre dei contrafforti alla fine dei cappelloni e eventualmente approfondirne e ingrossarne le fondazioni.

---

<sup>16</sup> R.G. Boscovich, *Scrittura sugli danni osservati nell'edificio della Biblioteca Cesarea di Vienna, e loro riparazione*, cit., § 77.



Scrittura sulli danni osservati nell'edificio  
della Biblioteca Cesarea di Vienna,  
e loro riparazione composta  
in esecuzione de' sovrani comandi  
Di Sua Maestà  
L'Imperatrice Regina

MARIA TERESA

e umiliata a' suoi piedi  
Pel felicissimo giorno anniversario (13. Mar 1763) della sua nascita  
Da Ruggiero Giuseppe Boscovich della Compagnia di Gesù  
l'anno 1763

Dum steterit; namque aeternum augusta per annos  
Iam stabit moles robore firma novo;  
(Vota movent Superos) felix, faustumque recurret  
Natalis festum, Magna THERESA, Sui.



Scrittura  
sulli danni osservati nell'edificio della Biblioteca Cesarea  
e loro riparazione  
Del P. Ruggiero Gius. Boscovich d.<sup>a</sup> C.<sup>a</sup> di Gesù

1. Per ordine sovrano di S. M. l'Imperatrice Regina<sup>1</sup>, ho considerato con tutta la diligenza tutto quello che appartiene a' danni i quali si osservano nella fabbrica della Biblioteca Cesarea<sup>2</sup>, e riparazioni necessarie. Mi sono portato più volte sulla faccia del luogo osservando da me medesimo ogni parte, ho lette varie relazioni, ho pigliate varie informazioni a voce, ho considerati bene varj disegni di piante spaccati e profili, ed ho fatte varie parti e prendere in qualche luogo la livellazione, per mettermi a portata di giudicar con piu sicurezza.

2. Per procedere con metodo, seguirò lo stesso ordine, che ho tenuto trattando della cupola di S. Pietro di Roma<sup>3</sup>; parlerò prima de' danni principali e più notabili, indi del sistema generale de' movimenti che sono seguiti, poi delle loro cagioni, e al fine de' rimedj che giudico piu opportuni, ma prima conviene richiamare alla fantasia l'idea dell'edificio di cui si tratta.

3. La Biblioteca di cui devo parlare. Consiste, in una grande, e lunga, come galleria, che in mezzo è interrotta da una cupola ovale. Essa cupola è sostenuta parte da due archi co' quali si sbocca dalle volte correnti de' due corpi rettilinei di essa galleria, sulle cime de' quali archi si appoggiano le due estremità dell'asse minore dell'ovale e passa sulli muri di due come cappelloni<sup>4</sup> co' quali ivi in mezzo essa si slarga, ed esce in fuori, usando i medesimi cappelloni in fuori de' muri del corpo della libreria perpendicolarmente ad essi.

4. Di sotto vi sono le rimesse, che sono ora chiuse, ora divise in piu saloni; ma prima vi era una cavallerizza in forma di una lunga galleria con la sua volta reale, e

---

<sup>1</sup> Maria Teresa d'Asburgo (1717-1780). Arciduchessa regnante d'Austria, la regina regnante di Ungheria, Boemia, Croazia e Slavonia, duchessa regnante di Parma e Piacenza, granduchessa consorte di Toscana. Fu imperatrice consorte del Sacro Romano Impero in quanto moglie di Francesco I, ma di fatto fu lei a esercitare le funzioni imperiali. Fu madre degli imperatori Giuseppe II e Leopoldo II, nonché di Maria Antonietta, regina di Francia, e di Maria Carolina, regina delle Due Sicilie.

<sup>2</sup> Hofbibliothek, ora Biblioteca Nazionale Austriaca.

<sup>3</sup> Alla fine del 1742 Boscovich pubblicò con Jacquier e Le Seur il *Parere di tre matematici sopra i danni, che si trovano nella cupola di S. Pietro*. Vedi supra.

<sup>4</sup> Si tratta delle protuberanze della cupola ellittica che escono dal corpo della biblioteca.

muri grassissimi, e fondamenti assai profondi<sup>5</sup>. Sopra questi muri è stato alzato il corpo della libreria; ma per li due cappelloni, che escono in fuori, sono stati fabbricati de' nuovi fondamenti e muri appoggiati a' muri vecchi.

5. Dentro la libreria nel fondo de' cappelloni corrispondo le gran finestre, e ringhiere. Nel corpo della libreria a due finestre di distanza dalla cupola vi sono da ambe le parti due colonne di materia<sup>6</sup>, che sostengono un architrave e un arco co' contra pilastri, dietro ai quali vi è per ogni parte la sua scaletta, che sale al ballatoio<sup>7</sup>, e parte entra in un incavo del muro maestro, parte è contenuta da un muriciolo sottile che resta verso le colonne; e questa mole è tutta appoggiata sulla semplice volta delle rimesse.

6. La cupola ha otto finestre ovali lasciate come tanti buchi nella stessa sua curvatura senza alcuna costruzione particolare, e senza altri rinforzi, e avanti a quella che sta verso il cortile in mezzo al cappellone vi è un ornato assai pesante di calli di pietra, che resta postato sull'arco del finestrone inferiore. In varie parti di questo edificio si vedono de' danni, de' quali andremo parlando qui.

#### §§ 1

#### De' danni osservati nelle parti dell'edificio

7. In ordine a' danni metterò in primo luogo que' che si vedono nella parte inferiore indi anderò salendo ordinatamente in sù.

8. Ne' sotterranei, ne' quali sono disceso. Non ho potuta scoprire alcuna cosa sensibile non potendosi ivi ora accostare la persona a fondamenti e muri della nuova parte aggiunta, quando si volle fabbricare la libreria sopra quello che era stato destinato per la Cavallerizza e che ora è convertito in uso rimessa.

9. Si è detto al num: 3 che i fondamenti de' due cappelloni furono aggiunti e appoggiati a fondamenti correnti dell'antica Cavallerizza, ora rimessa. Ho ivi veduti i fondamenti del muro diritto che v'è in linea con ambe le parti col resto: se pure quelli devono chiamarsi fondamenti; giacche erano destinati ad essere muri delle cantine, dopo che fosse finito tutto lo scavo di esse che ora per la metà sono ancora piene di terra, e che i veri fondamenti, che anche dopo questo scavo sarebbero rimasti sotterrati, sono più fondi ancora. Non ho potuto vedere i fondamenti della nuova aggiunta, a' quali non vi è ora accesso, per essere empito di terra lo spazio, che rimane tra essi, e i fondamenti vecchi, anche in un sito, dove essi sotto il portone della rimessa anno

---

<sup>5</sup> In realtà sembra che questa cavallerizza non sia mai stata costruita. I lavori, cominciati nel 1681, furono interrotti a causa dell'assedio dei turchi alla città di Vienna.

<sup>6</sup> Dovrebbe voler dire di pietra.

<sup>7</sup> Il ballatoi corre lungo tutta la biblioteca dividendola in due in altezza.

un arco. Mi è stato ivi detto, che essi sono considerabilmente meno profondi di que' della fabbrica vecchia. Ho veduto affermato in una relazione, che essi siano piu stretti de' muri, che li sostengono; onde questi rimangono appoggiati quasi sul filo; ma esaminando i profili datimi dall'Architetto<sup>8</sup>, vedo, che realmente sono piu grossi assai del medesimo muro. In uno di essi compariscono alquanto meno gravi grossi in fondo che sul piano del cortile, e credo, che cio abbia dato luogo all'equivoco. Del motivo, che possa aver avuto l'Architetto, che li ha fatti, per farli cosi, se pure ciò è vero, parlerò a suo luogo. Mi fu ivi aggiunto, che dalla parte de' baloardi<sup>9</sup> vi era una specie di condotto, o di corridore, che aveva dell'acqua, che non si sapeva si andasse, e che si è trovata una piccola parte del fondamento della nuova aggiunta ivi, come in aria, per avergli quell'acqua portata via di sotto la terra.

10. Salendo alle rimesse, ne' loro muri, e volte antiche non ho notati segni di danni di alcuna considerazione; ma entrando nel primo portone che rimane in mezzo al nuovo cappellone aggiunto verso il cortile, a lato del portone vecchio, che ora rimane piu indietro, si vede chiaramente un distacco di tutta la giunta nuova dal vecchio: questo si vede da ambe le parti del cantone, in cui la giunta è fatta senza che l'aggiunta stessa abbia altre aperture in se stessa. Và l'apertura di tale distacco per tutta l'altezza di quel come atrio, e salendo cresce. Si vede anche sù nella volta, e archi laterali, un'apertura, che comunica con de' distacchi de' cantoni. Come dalla parte de' baloardi continua il muro vecchio dell'antica cavallerizza; così da quella parte non puo vedersi detto distacco nel piano delle rimesse; ma per quello che si vede di sopra interiormente, ed esteriormente anche all'istesso piano non vi è dubbio che anche da quella parte non vi debba essere un somigliante distacco.

11. Guardando allo stesso piano tanto dalla parte del cortile, quanto dalla parte delli baloardi, dove vi è un piccolo giardinetto tra la biblioteca, e il nuovo corridore, che conduce a S. Agostino<sup>10</sup>, si vede il suddetto distacco de' suddetti due cappelloni appunto, dove essi si uniscono a' muri diritti del resto della biblioteca uscendo in fuori.

12. Questo distacco rompe varie pietre e matoni, e massime dove esse sono lavorate nelle basi de' pilastri e dove i matoni sono rotti per mezzo, ho esaminato e fatto esaminare con diligenza, se alcuna parte della nuova aggiunta sia discesa nel sito del suo distacco sotto l'altra de' muri vecchi, e nonne ho trovato il menomo segno, o-

---

<sup>8</sup> Dovrebbe trattarsi di Nikolaus Pacassi.

<sup>9</sup> Dalla parte meridionale.

<sup>10</sup> Chiesa di Sant'Agostino. Costruita fra il 1330 e il 1339, fu usata dalla casa imperiale come punto di partenza di pellegrinaggi e processioni in occasioni di giubilei nonché per cerimonie funebri. Interessante è il monumento sepolcrale dedicato all'arciduchessa Maria Cristina, realizzato da Antonio Canova, un capolavoro d'arte classicistica in marmo bianco di Carrara.

vunque cio si poteva vedere con sicurezza, e della stessa cosa mi ero assicurato bene anche nell'ambito della rimessa, considerando la volta, gli archi, e i matoni spezzati. Ho ben trovato negli archi, dove la spaccatura si divide in due, alcune parti di mezzo mancanti di sostegno abbassate tanto rispetto al nuovo, quanto rispetto al vecchio, avendo loro colla dilazione mancato il sostegno laterale; ma non ho trovato alcun vestigio di abbassamento della nuova aggiunta sotto il vecchio.

13. I distacchi di questi cappelloni andando in su per un pezzo si slargano, indi chiaramente si vede, che si restringono piu in alto; e in cima a' pilastri, e nel sito de' capitelli si vedono svanire, rimanendo il muro, che sta sopra il fondamento vecchio, e forma i fianchi rettilinei della libreria, unito a muri perpendicolari de' cappelloni. Nelle finestre della libreria vicine a' cappelloni ho visto qualche piccolo pelo in qualche architrave; ma non mi è comparso in tutto il lungo tratto de' muri rettilinei, ne nelle parte de' cappelloni distaccati alcun danno notabile.

14. In questo giardinetto<sup>11</sup> ho veduto un muro assai vecchio accanto a' muri nuovi del corridore e mi si dice, che quello era un muro ben antico: esso rimane tra il corridore e la biblioteca. Lo spazio tra esso muro, e la biblioteca è empito di terra, ma rasente alla biblioteca stessa ho osservato un canale alquanto profondo, il quale arrivato al cappellone svolta, e per di fuori, porta via le acque, alle quali si è dato sfogo lontano dall'edificio. Nel sito, che corrisponde al cappellone, tra esso e quel muro vecchio appoggiato il corridore, ho vista una gran massa tutta di muro massiccio, che si alza considerabilmente sopra il giardinetto, e riempie tutto lo spazio che vi è tra il cappellone e il corridore, e mi è stato detto, che è molto profondo e che è stato fatto dopo il suddetto corridore per rinfiancare il cappellone medesimo, e rimediare con molto maggior vantaggio a qualunque cattivo effetto, che potesse aver prodotto il muover la terra per fare li fondamenti del corridore istesso fabbricato pochi anni addietro.

15. Ho fatti piombare i muri del luogo della libreria, e i pilastri de' due cappelloni<sup>12</sup>. I risultati di queste piombature sono espressi in due carte<sup>13</sup>, una delle quali contiene piu minutamente le piombature di alcuni pilastri de' cappelloni, ne' quali temevo una curvatura che mi era paruto di vedere a occhio, e di cui avevo qualche altro indizio; e perciò in questa seconda operazione ho fatto distaccare anche in cima il filo a piombo dalla faccia del pilastro, e pigliare le distanze del filo in parti piu minute, cioè duodecime<sup>14</sup> del pollice<sup>15</sup>. In questi risultati si trova che tutti i muri e

---

<sup>11</sup> Dalla parte di S. Agostino.

<sup>12</sup> Si tratta dei pilastri sporgenti dalle murature. Dai disegni se ne vedono quattro coppie per cappellone; due con la faccia più lunga parallela l'asse maggiore della cupola ellittica e due ortogonali.

<sup>13</sup> Di queste carte non è stata trovata traccia.

<sup>14</sup> Dodicesime parti del pollice, ovvero linee.



pilastri, ne' quali sono state fatte le operazioni, tanto del corpo della libreria quanto de' cappelloni, pendono in fuori, ma con questo, che la pendenza di que' del corpo della libreria è più piccola che quella de' cappelloni, che arriva in un sito ad essere anche maggiore di 4, o di 5 pollici in 35 piedi<sup>16</sup>; dalla parte del cortile non mi sono state date le piombature del corpo della libreria<sup>17</sup>. Pendono in fuori ne' cappelloni non solo i pilastri delle facce di essi, che sono parallele alla lunghezza della libreria; ma anche uno de' dei laterali de' fianchi perpendicolari benché assai meno. Almeno quell'unico di tali pilastri, de' quali mi è stata data la piombatura, non perché, non pende che per un pollice solo in 35 piedi.

16. Entrando in libreria ho esaminate tutte le sue parti. Nelle finestre e volte che stanno del sito che è compreso tra gli architravi sostenuti dalle colonne non vi ho trovata alcuna uva<sup>18</sup> che meritasse alcuna considerazione, anzi alcun menemo pelo nella volta. Solo ne' cantoni in fondo vi sono gli architravi delle porticelle, che centinati sporgono in fuori ad arco circolare, i quali anno delle aperture.

17. Nel sito delle colonne non ho veduta alcuna apertura, o altro danno considerabile nel pavimento. Le scalette dalla parte de' bastioni, anno amendue delle aperture ne' muri con segni manifesti di slargamento; e di distacco di quella parte; che è attaccata a muri maestri da quella, che è attaccata a' contra pilastri, che corrispondono alle colonne. Vi sono nelle muraglie del vano della scale alcuni cerchi tirati col lapis tre, o quattro anni addietro, le cui circonferenze passano sopra le spaccature<sup>19</sup>. Rimettendo una punta del compasso sulli centri, l'altra è andata puntualmente su tutta la circonferenza da ambo le parti delle aperture in que' cerchi, fuori che in uno, in cui il raggio perpendicolare alla spaccatura comparisce alquanto maggiore; ma poco lontano da esso vi era un altro circolo che parimenti andava attraverso la spaccatura medesima, e il quale, come gli altri, non si era punto dilatato.

18. Ho fatte piombare in presenza mia il muro di una delle due scalette che è un poco più dissestata, nel mezzo verso la parte del muro maestro, di cui esso [muro] è parte, ed ho trovato, che strapiombava verso la parte esteriore, cioè verso i balloardi i 3/4 di pollice in un piede, essendo più lontano in cima che in fondo al filo a piombo, e altrettanta simile pendenza ho trovata negli stipiti della finestra contigua.

---

<sup>15</sup> Dodicesima parte del piede.

<sup>16</sup> Dovrebbe trattarsi del piede viennese pari a 31,61 cm. Boscovich di solito adotta le unità di misura dei luoghi dove opera.

<sup>17</sup> Biblioteca.

<sup>18</sup> Dovrebbe significare fessura.

<sup>19</sup> Quello di tracciare dei cerchi nella prossimità di una fessura è una procedura ancora usata per individuare le direzioni in cui la fessura si propaga.

All'opposto, messo un archipendolo<sup>20</sup> su un pavimento del ballatojo<sup>21</sup> in cima alla stessa scaletta ho trovato, che il medesimo piegava un poco verso la libreria. Il muro esterno corrispondente alle scalette medesime strapiomba in fuori nelle piombature, che mi sono state date, quello della scaletta più dissestata per due pollici e l'altro per un pollice in 35 piedi.

19. Nella volta tra l'arco sostenuto dalle colonne, e la cupola da ambe le parti ho veduto nel mezzo della volta un piccolo pelo, e negli archi delle finestre alcuni piccoli peli qualch'uno de' quali andava per tutta la lunghezza del muro.

20. Sotto la cupola si vede nel pavimento da ambe le parti il distacco de' due cappelloni dal resto, col vedersi una striscia in cui i lastroni sono più discostati. Esaminando con tutta la diligenza ancorivi, ho trovato, che niuna parte è discesa sotto la sua vicina. Vi è qualche lastrone del pavimento slegato un poco, ma in modo, che in qualche luogo si è alzato, benché pochissimo, quello, che resta verso il finestrone e in qualche altro quello, che resta verso il centro della cupola; ma generalmente si vede, che da ambo le parti stanno per lo più alla stessa altezza, e prendendo la totalità delle due parti staccate del pavimento, una certamente non è discesa sotto l'altra.

21. Sotto la cupola ho veduta una selva di travi assai spessi quale credevo che fosse messa intanto per sostenere la stessa cupola; ma mi fu detto che è fatta solamente per sostenere i palchi, che servono per accostarsi alla cupola ad esaminarla, e rissarcirla, e di fatti salitovi sopra ho veduto, che neppure arrivano a toccare la volta di essa cupola. Solo quelli, che sono sotto i due grandi archi che dal corpo della libreria imboccano nella cupola, e la sostengono, li puntellano, ed è appoggiata su questa struttura la puntellatura degli archi superiori delle finestre oblique di cui si è parlato di sopra. Ho bensì veduto varie catene di ferro tirate attraverso a tutta la lunghezza della libreria, e da un estremo all'altro de' due cappelloni alte due pollici e mezzo ma grosse solo 3/4 di pollice, alcune delle quali ho veduto anche, che sono pochissimo offese, e come rilassate.

22. Salendo sulli palchi ho veduto, che gli arconi verso il corpo della libreria di cui si è detto che sono puntellati, sono assai dissestati ed anno spaccature che vanno in sù per la volta della cupola. Anno pure patito gli archi che corrispondono sui finestrone del fondo de cappelloni nella estremità dell'asse maggiore dell'ovale, massime quello che sostiene i cavalli<sup>22</sup> come pure le cime delle finestre della cupola. La volta stessa della cupola ha patito in molti luoghi; ma si vede che le spaccature vanno tra i siti delle finestre de' cantoni che appartengono allo stesso cappellone; corri-

---

<sup>20</sup> L'archipendolo è uno strumento utile per verificare l'orizzontalità di un piano (vedi *supra*).

<sup>21</sup> Il ballatojo serve per la consultazione dei libri situati nella parte alta della biblioteca.

<sup>22</sup> Si tratta dei quattro grandi cavalli con figure umane in marmo situati all'esterno, sulla facciata settentrionale,

spondendo sopra il distacco del pavimento della libreria, e in dirittura de' distacchi, che anno fatto i due cappelloni del corpo della libreria. La volta stessa è molto dissestata sopra gli arconi, e molto più sopra i suddetti quattro cantoni, massime sopra le suddette quattro finestre, le quali non anno archi in cima; ma si vedono distaccati varj pezzi nel sito in cui sarebbe la sommità degli archi, se qui vi fossero, quali pezzi correrebbero rischio di cedere, se non fossero puntellati.

23. Ho però osservato, che in molti luoghi vi sono delle stuccature attraverso le spaccature, e in qualche luogo vi è incollata qualche carta: non ho veduto in queste alcun nuovo distacco, toltone un piccolo pelo in una stuccatura fatto, credo, nell'asciugarsi essa stessa, perche vi è accanto un'altra stuccatura sulla stessa apertura senza menemo pelo. In niuna di queste spaccature non ho veduto indizio da poter credere, che una parte sia discesa sotto l'altra vicina.

24. Osservando la costruzione della cupola, dove essa si vede per le spaccature, mi è paruta assai cattiva con troppo grande intervallo tra li matoni: mi sono pure comparsi assai miserabili i suddetti due archi della sbucatura del corpo della cupola, poco grossi, e mal fabbricati senza che vi sia alcun soprarco nella parte superiore della cupola.

25. Mi sono portato sotto il tetto del corpo della libreria, e con mia grande sorpresa ho veduto, che molti travi orizzontali di esso tetto sono incorporati nella volta della libreria, e che vi sono de' ferri attaccati a' travi superiori del tetto per sostenere la stessa volta: tutta la costruzione del tetto, e sua idea mi sono parse cattive per molti capi.

26. Girando attorno al fondo della cupola tra la sua volta, e la parte diritta del muro esteriore, che si alza quasi verticale per un tratto, ho veduto nel sito de' quattro grandi angoli il distacco corrispondente a quello de' cappelloni, quale distacco ho anche osservato nella parte superiore della volta della cupola, salendo, tra essa e il suo tetto. Si vede il segno di un distacco, che vada dall'uno all'altro degli angoli appartenenti allo stesso cappellone dall'una, e dall'altra parte; ma senza alcun segno di discesa di una parte sotto l'altra vicina.

27. Considerando la struttura del tetto, ho veduto, che esso in parte si appoggia sulla medesima volta della cupola per tutto in giro, e parte va obliquamente ad appoggiarsi sulli muri diritti, che circondano la cupola istessa dalla parte de' cappelloni, scaricandosene una parte verso il corpo della libreria, verso i due arconi.

28. Questi sono i fatti principali, che ho potuti rimarcare, e da' quali convien dedurre il sistema generale de' movimenti, che la fabbrica ha fatti, per investigare le cagioni, ed applicarvi gli opportuni rimedj. Solo aggiugnerò, che mi è stato detto, essersi cominciate a vedere varie aperture nella cupola anche subito dopo la sua costruzione, e mentre essa si dipingeva; che le medesime sono ite crescendo col tempo, e che comparvero troppo considerabili verso quel tempo, in cui fu fatto pochi anni addietro il corridore di cui abbiamo fatta menzione al num: 14; sicche furono allora

puntellati gli archi, e le finestre, e messe le catene di ferro, che oggi si vedono conforme al num: 21.

## §§ 2

Del sistema generale de' movimenti seguiti.

29. In primo luogo è cosa troppo evidente, che la nuova aggiunta, che sostiene i due cappelloni della cupola, attaccata fino al piano del pavimento della libreria a' muri vecchi dell'antica cavallerizza, ora rimesse, si è distaccata dal vecchio, e che i due cappelloni, che vi corrispondono, rimanendo sensibilmente interi in se stessi, si sono distaccati da quello che corrisponde sopra il vecchio con un distacco generale, che si v'è almeno dal piano delle rimesse in sù fino alla cupola. Questo si vede chiaro per tutto quello che si è detto a' numeri 10, 11, 20, 23, 26.

30. Che essi cappelloni abbiano dato in fuori si vede manifestamente dalla inclinazione trovata col filo a piombo ne' lati de' pilastri conforme al num: 15. Se si fosse trovata la pendenza in alcuni soli, si potrebbe dubitare di qualche errore accidentale della costruzione: se pendessero in dentro, si potrebbe credere, che sieno stati fatti con la pendenza in dentro a scarpa: ma non si può mai supporre, che sieno stati fabbricati tutti colla pendenza in fuori<sup>23</sup>. Di questa pendenza, che non trovo negata in qualche relazione, io ne sono pienamente convinto, senza averne dubbio alcuno. Ho fatto piombar più volte nelle facce de' pilastri, che sono le più appropriate per questo, e l'ho trovata sempre ne' risultati datimi dall'Architetto.

31. Oltre il moto totale de' cappelloni in fuori, ha ceduto pure in fuori qualche loro muro laterale, come apparisce dal num: 15. ma questo movimento è stato molto minore. Anno pure dato in fuori i muri di tutto il corpo della libreria almeno dalla parte de' bastioni; ma pure assai meno de' cappelloni. Della pendenza del muro maestro laterale della libreria nel sito delle scalette mi sono assicurato anche colla piombatura fatta sotto i miei occhi, e col riscontro di questa pendenza interna colla esterna, di cui parlerò giù al num: 38. Eppure questo muro è sostenuto da' fondamenti vecchi della cavallerizza, oggi rimesse, tanto è vero, che vi è piegatura in fuori non solo della nuova aggiunta, ma anche in quello, che sta sul vecchio.

32. I movimenti della cupola sono corrispondenti a questo movimento de' cappelloni, ed essa inoltre si è dissestata in se stessa, massime ne' siti delle finestre, e degli archi.

33. Credo, che possa con sicurezza affermarsi, che i fondamenti de' cappelloni ivi, ove sono contigui alla fabbrica vecchia, sono ora sensibilmente alla stessa altezza, in

---

<sup>23</sup> Ciò è contrario alla buona norma del costruire dei muri che sorreggono le volte e che quindi sono soggetti a spinte orizzontali.

cui erano quando furono fatti: cio si ricava da' numeri 12, 20, 23, 26. Quindi si ricava pure con sicurezza, che non vi è stata vera discesa di tutto il piano de' fondamenti de' cappelloni. Come questo è un punto essenzialissimo, e nella suddetta relazione<sup>24</sup> avevo all'abbassamento de' fondamenti attribuite per la maggior parte la cagione de' danni; così ho fatto tutte le diligenze per chiarirmi del fatto, e nelle cose appartenenti a' suddetti numeri ho guardato io piu volte, e fatto riguardare ad altri per avere l'ultima sicurezza. Rimane dunque una delle due: o che inclinandosi tutto il cappellone insieme, e rimanendo la linea del fondo de' fondamenti, che sta nella direzione de' muri vecchi, tutto il piano di detto fondo si sia inclinato, abbassandosi le parti del nuovo piu lontane in proporzione della loro distanza dal vecchio, o che vi sieno state delle piccole compressioni nelle parti del muro stesso, che senza alcun moto di quel piano del fondo, e senza quel così regolare abbassamento si sieno potuti inclinare tutti i muri verticali. Non è possibile chiarir questo punto coll'immediata osservazione, quando anche si livelli il pavimento della libreria, o si veda il livello delle parti lontane corrispondenti. I muratori co' loro archipendoli non possono mettere esattamente a livello le parti un poco lontane, come col filo a piombo possono vedere la posizione verticale esatissima in qualunque altezza comunque grande. Quindi una livellazione esatta fatta ora non concluderebbe nulla.

34. Mi era paruto a occhio, che negli angoli del cappellone, che guarda i baloardi, il pilastro, che guarda gli stessi, fosse incurvato un poco, come se le muraglie de' cappelloni stessi si fossero incurvate, facendo panza in fuori conforme a cio, che ho detto al num: 15. Faceva sospettare la stessa cosa il vedere, che il distacco di amendue i cappelloni veduto per di fuori era considerabile in mezzo, e che in cima erano di nuovo contigui al muro del corpo della libreria, conforme al num: 13. Ma il filo a piombo mi ha fatto vedere, che non vi ha in questo genere alcuna cosa considerabile. Nelle piombature, di cui ho parlato al num: 15, messo il filo in cima nel sito del capitello lontano in linea dal piano del pilastro, cioè un pollice, o sia una duodecima parte di un piede, si è presa la distanza da esso piano all'intervallo di 5 piedi, indi, per altri 5 intervalli di 6 in 6. Ne' pilastri di quel cappellone, coll'andar in giù, la distanza va crescendo con sensibile uguaglianza. All'opposto in quelli dalla parte del cortile trovo maggiore irregolarità. In uno vi sono i numeri 12, 18, 33, 24, 30, 36, 42. Uscendo il pilastro in fuori nel sito 24 per 12 linee<sup>25</sup>; in un'altro 12, 16, 13, 18, 24, 30, 33, dove esce in fuori per una sola linea nel sito 13, e in un altro 12, 18, 21, 21, 21, 24, 36, dove piega in cima, e in fondo, e sta a piombo nel mezzo.

35. Come la cosa è troppo piccola rispetto all'altezza, così pare che cio possa essere anche attribuirsi a errore di costruzione, massime non essendo generale. La stessa sua piccolezza fa, che non possa argomentarsi di qua un notevole sconcerto de' muri

---

<sup>24</sup> Non è chiaro cosa sia la suddetta relazione.

<sup>25</sup> 1/12 di pollice, ovvero 2.19 mm.

in se stessi. Questa piccola curvatura in fuori piuttosto che in dentro è contraria all'effetto, che dovrebbe esser seguito dal secondo movimento de' due espressi al num: 33. Ad ogni modo ciò non decide: queste piombature si sono prese ne' pilastri, che sono di pietra, e lavorati con più diligenza: la compressione può essere seguita nelle parti inferiori, che sono di mattoni e calce, e ciò è assai più probabile. Sempre quella parte che è più debole cede alle impressioni delle forze agenti o essa sola o essa prima, e più delle altre. Ho veduti mille esempj di muri; che sono stati spinti in fuori, e anche incurvati dalla spinta delle volte, e degli archi senza alcuna apparenza di pelo orizzontale di dentro.

36. I muri, particolarmente que' di calce, e mattoni, sono ben capaci di compressione<sup>26</sup>. Ciò si vede chiaro nel battere un chiodo che entra con una più facile percossa, senza che punto di materia esca fuori. Questa è assai più facile, come anche una dilatazione, quando l'impressione della forza fatta in un sito si può distribuire per un lungo tratto, e l'azione è continua: ciò spiega a meraviglia mille fenomeni, che si osservano nelle fabbriche, che sarebbero incomprensibili affatto, se i muri si dovessero considerare, come verghe rigide inflessibili: devono considerarsi, come in parte molli e in parte elastici; e come la forza elastica cresce colla compressione, e dilatazione, i mali non sieguono sempre a crescere, e spesso si arrestano da se dopo i primi movimenti<sup>27</sup>.

37. L'essere il distacco de' cappelloni nel mezzo de' piloni considerabile, e in cima insensibile, e il non aver fatto essi panza, almeno quello dalla parte de' baloardi, mostra quello, che è anche assai più facile a seguire, che il muro corrente della libreria si sia piegato un poco più in fuori verso la sua cima accompagnando nel suo movimento il cappellone, ed è rimasto più fermo nel mezzo.

38. Indizio di questa loro maggiore piegatura nelle vicinanze de' cappelloni; si è anche quel pelo della volta, che va da ambe le parti dell'arco, che sostiene la cupola, all'arco che resta sopra gli architravi sostenuti dalle colonne, di cui al num: 18. Si raccoglie anche questo piegare piegare de' muri laterali dalla piegatura trovata generalmente in que', che stanno verso i baloardi nelle piombature, delle quali al num: 13, e da quelle piegature pure in fuori trovata nel sito della scaletta tanto nel suo muro, che accanto, conforme al num: 18: e questa è ben conforme alla pendenza in fuori. Ivi in 12 piedi si è trovato uno strapiombo di  $\frac{3}{4}$  di pollice, e di fuori in 35 piedi, che è un poco meno del triplo di 12, si sono trovati due pollici che sono un poco meno del triplo di  $\frac{3}{4}$ . Che poi si sieno piegati in cima i vicini più, che i lontani, lo fanno anche sospettare i peli veduti negli archi delle finestre vicine, conforme

---

<sup>26</sup> Dal contesto si capisce che «compressione» significa capacità di schiacciarsi in modo plastico.

<sup>27</sup> Qui Boscovich mostra una buona comprensione del fenomeno della redistribuzione delle tensioni che si verifica nei materiali dotati di riserve plastiche.

al num: 19; essendo questo un indizio del non essere stato il movimento di tutti i muri laterali affatto uniforme la sù in cima.

39. In ordine alle scalette, che dalla parte de' baloardi sono considerabilmente danneggiate, si vede chiaro che il vano cilindrico, che le contiene, si è dilatato, crescendo il suo diametro perpendicolare alla lunghezza della libreria. Questa dilatazione si vede ne' distacchi laterali, di cui si è parlato al num: 18. Per determinare la qualità del movimento ivi fatto, convien vedere, se la dilatazione proviene dall'aver la sua parte, che sta verso il muro maestro, dato in fuori, o quella, che sta verso la libreria ha dato in dentro, o se si sieno fatti amendue tali movimenti. Pare, che si debba sospettare piuttosto del secondo movimento, si perche la parte, che guarda il di dentro della libreria, è appoggiata su d'un muricciolo assai sottile, e che si appoggia sulla semplice volta delle rimesse, si perche conforme al num: 18, il pavimento del ballatojo si è trovato pendente un poco verso la libreria.

40. Ad ogni modo io inclino assai a credere, che non vi sia che il primo solo movimento del muro maestro in fuori. Imperoche in primo luogo questo certamente ha dato in fuori, come si vede chiaro dalla piombatura interiore, ed esteriore del num: 18, ed ha dato in fuori per una quantità anche maggiore di quella, che è indicata dal dissestamento della scaletta: in quell'altezza, in cui il ballatojo, deve aver dato in fuori una di esse per un pollice, e mezzo, e l'altra per tre quarti di pollice incirca. Tutte le aperture, e lo slogamento degli scalini sono considerabilmente minori di questo. Sicché piuttosto prima di strappare deve il muro esterno aver tirato seco in fuori anche quel muricciolo sottile, su cui si appoggia la parte interiore delle scalette. Dall'altra parte la volta delle rimesse, in cui si appoggia questo muro, non ha dato alcun segno d'essersi abbassato, o aver patito, e quella pendenza del pavimento del ballatojo in cima alle scalette puo facilmente essere provocata dalla debolezza di esso pavimento, che ha anche le parti fuori del sito delle scalette deve pel peso istesso di chi vi camina, essersi abbassato un poco verso l'orlo interiore, che sta in aria.

41. Quel dissestamento degli architravi centinati delle porticelle, che stanno in fondo alla libreria, di cui si è parlato al num: 16, è una cosa tutta a parte, e che non ha connessione col rimanente de' danni.

42. Quello, che pare, potersi pure affermare con sicurezza, si è che i movimenti de' cappelloni, si sono fermati da varj anni senza crescere. Questo lo dimostra chiaramente il non essersi piu riaperte le stuccature, ne strappata la carta incollata attraverso alle spaccature della cupola, conforme al num: 23. Pare che lo stesso possa affermarsi de' muri laterali del corpo della libreria, che vengono su sopra i muri delle rimesse. Quel vedere tanti circoli nelle aperture del muro delle scalette, che restano co' lor diametri mantenuti gli stessi, conforme al num: 19, lo indica chiaramente. Quell'unico, che ivi si è trovato col diametro un poco maggiore par cosa chiara, che non prova nulla, essendovene un altro poco lontano attraverso alla stessa spaccatura, che resta ben tondo, ed essendo gli altri pure ancor tondi, e co' diametri ben uguali. Convieni, che nel far quel solo sia scorso il compasso, o al piu, che ivi la parte inte-

riore piu debole abbia sofferta qualche compressione o altro simile movimento irregolare in quel sito preciso. Qualche nuovo moto in una delle due scalette, mi dicono, essersi veduto di fresco; è cosa troppo facile. Che vi siegua qualche nuovo assestamento negli scalini, e in quella debole parte interna dopo, che collo slargamento del vano che riceve le scalette, esse anno minore contrasto tra le lor parti, e sostegno, e dopo che la medesima parte interna, che sostiene la metà delle istesse scalette, è distaccata gia dal muro maestro grosso, che la fortificazione col suo appoggio. Ma questi sono piccoli effetti parziali, e che anno connessione col sistema generale. Se non in quanto i movimenti, gia seguiti in questo, ne anno dato loro l'occasione.

43. Conviene indagare le cagioni de' movimenti, che abbiamo determinati fin' ora, per poter poi con sicurezza determinare i rimedi.

### §§ 3

#### Delle cagioni de' movimenti seguiti

44. Si debbono innanzitutto escludere quelle, che potrebbe sospettarsi, sieno state le vere cagioni e non lo sono, indi stabilire quelle, che, si puo credere ragionevolmente, abbiano cagionato tutti i cattivi effetti.

45. Si è creduto da alcuni, che la principale cagione sia stata lo scavo fatto in tanta vicinanza dalla fabbrica delle libreria per li fondamenti del nuovo corridore, che vada a S. Agostino, o almeno, che questo sia stato uno de' piu forti agenti. Io per me son persuaso del contrario per piu ragioni.

46. In primo luogo tra la libreria, e il corridore vi è qualche spazio occupato dal giardinetto tutto riempito di terra, e terminato da quella parte da un muro vecchio, che deve aver impedito il moto laterale di tutto quel corpo di terra. Quantunque il suo fondamento non vada forse tanto sotto, quanto i fondamenti del nuovo corridore; ad ogni modo contenendo egli tutto il terreno superiore diffimbra<sup>28</sup> il movimento di quel di sotto. Si aggiunga, che se la fabbrica non ha altre fora, che tendano a sforzare; essa aggrava solo il terreno, su cui si appoggia; e in ordine anche alle forze, che spingono lateralmente in cima, come le volte, e la cupola, una forza laterale fatta dal terreno adjacente ha ivi, molto poca azione per contenere, a cagione della sua vicinanza al punto di appoggio. Quando in una fabbrica si lascino allo scoperto i fondamenti, il maggior male che cio ne proviene, suole essere quello che il terreno di sotto partendo da' un fianco, si abbassa, e cede anche verticalmente, ma qui abbiamo dimostrato al num: 33 correlativo a' num: 12, 20, 23, 26, che niuna parte della fabbrica si è abbassata rispetto alla sua vicina. Finalmente si è veduto al num: 28, che i danni

---

<sup>28</sup> Non sembrano esservi dubbi sul fatto che nel manoscritto sia riportata la parola diffimbre, di cui non ho trovato il significato.



della fabbrica anno cominciato a farsi vedere fino dal principio, e sono andati crescendo a poco, a poco. L'aver avuto verso quel tempo un accrescimento notabile, non prova nulla, che di là ne sia venuta l'origine. Nelle fabbriche difettose per qualche verso di tanto in tanto vengono de' nuovi rissalti di danni, come ne' corpi infetti de' nuovi attacchi di malattie ocasionati da cose accidentali, che mettono le cagioni interne viziose in stato di agire<sup>29</sup>. Quando le tensioni arrivano a un certo segno, si fanno delle strappature per uno sparo di cannone, per un tuono, per un piccolo terremoto; per uno scuotimento gagliardo di vento, poche delle quali, tolto l'equilibrio, fanno crescere tutto in un tratto i movimenti, finche sieno arrestati da qualche maggiore resistenza. Per accidente cio puo essere accelerato verso quel tempo.

47. In secondo luogo si è veduto al num: 29 correlativo a' num: 10, 11, 20, 23, 26 che amendue i cappelloni anno dato in fuori. Se lo scavo fatto dalla parte del corridore nuovo col debilitare un rinfianco laterale da quella parte avesse cagionato i danni, che si vedono nell'edificio; cio non avrebbe fatto dar'in fora anche il cappellone dalla parte del cortile, e con movimento affatto simile. Come si vede dalle piombature, e generalmente poco inferiore, anzi stando alle indicazioni delle fessure, sensibilmente uguale. Cedendo l'altra parte, questa così massiccia, e solida in se stessa non si sarebbe mossa verso la parte contraria.

48. Questa stessa ragione mi fa credere, che l'essenza del male non proviene neppure da quel condotto, o corridore pieno d'acqua, di cui si è parlato al num: 9. I movimenti sono stati simili in amendue i cappelloni; eppure quest'acqua non vi era, che dalla parte de' baloardi. Puo essa aver ajutato l'effetto della cagione principale in quella maniera, che dirò appresso; ma non puo essere stato uno degli agenti essenziali.

49. Così pure quell'essersi ivi trovata in aria una parte del fondamento di quel cappellone, dove la suddetta acqua passando aveva portato via seco la terra di sotto, non puo aver portato un pregiudizio essenziale. Imperoche l'effetto immediato di questa cagione sarebbe stato un abbassamento della fabbrica superiore in quel sito, e si è già detto al num: 46, che la fabbrica non si è abbassata in alcuna sua parte rispetto alla sua vicina. Come questo vano lasciato sotto i fondamenti era in un sito ristretto, così la massa di tutto il corpo de' fondamenti del cappellone si è tenuta in se stes-

---

<sup>29</sup> Questo è chiaramente un richiamo leonardesco. Si legga per esempio il seguente brano «[...] Questo medesimo bisogna al malato domo, cioè uno medico architetto, che 'ntenda bene che cosa è edificio, e da che regole il retto edificare deriva, e donde dette regole sono tratte, e' n quanta parte sieno divise, e quale sieno le cagione che tengano lo edificio insieme, e che lo fanno premanente, e che natura sia quella del peso, e quale sia il desiderio de la forza, e in che modo si debbono contessere e collegare insieme, e congiunte che effetto partorischino». Leonardo da Vinci, *Lettera ai Fabbricieri del Duomo di Milano*, «Codice Atlantico», f. 270r.-c.

sa all'appoggio di tutto il rimanente del suo contorno, e qual poco di mancanza all'appoggio non ha cagionato quell'effetto, che era il suo naturale, e che sarebbe seguito infallibilmente con rovina irreparabile, se il medesimo male avesse occupata una gran parte de' fondamenti.

50. Per la stessa ragione l'essere i fondamenti della nuova aggiunta considerabilmente meno profondi di que' della fabbrica vecchia non puo avere cagionati questi danni almeno, come agente principale. Questa cagione farebbe cedere il terreno inferiore anche ove il nuovo si accosta al vecchio, cosa che non è seguita, come si è veduto al num: 33. Essa intanto agisce, in quanto non si è arrivato a un sito, in cui il terreno non ha le qualità necessarie che è di non lasciarsi comprimere in se stesso, o almeno coll'ajuto del suo contiguo, e di quello, che rimane sopra il contiguo, e impedisce, che si spanda per di sotto lateralmente, o almeno da non lasciare crescere la compressione dopo il primo assestamento per essere in sito, ove le acque penetrando facilmente per la poca profondità possano ammolire qualche sua parte, che asciutta abbia piu resistenza, come una colla. Io credo, che l'Architetto autor della nuova aggiunta<sup>30</sup> avrà trovato questo terreno idoneo, e sarà anche andato piu giù. Non è arrivato alla enorme profondità de' fondamenti della vecchi cavallerizza, perche quelli, che ora pajono fondamenti, non sono tali giusto il cenno che ne ho dato al num: 9. Questa fabbrica era destinata ad aver di sotto una vasta, e profonda cantina, la cui volta colla sua cima, anzi la sommità della terra, e sassolini che dovevano formare il pavimento della cavallerizza, doveva rimanere al piano del cortile. Una buona parte della cantina è già scavata, conforme allo stesso numero; una gran parte ha la terra, che vi era prima, in tale altezza, che al primo ingresso poco vi rimane di vano sopra la testa di chi vi entra, e in essa terra vi sono molti scalini per scendere abbasso. Conveniva andare co' fondamenti un pezzo sotto a quel piano delle cantine, e conveniva farli così enormemente grossi, e grossi enormemente i muri superiori, perche essi dovevano far la forza di muri di altri terrapieni, che colla connessione co' fondamenti, coll'urto laterale della semplice terra, che agisce per tutta l'altezza in dentro, e colla spinta, che danno in fuori le volte in cima, non si rompesse, o incurvasse indentro in mezzo. Per la nuova fabbrica non era cio necessario, e la stessa terra, che rimaneva tra essa e i fondamenti de' muri vecchi, serviva anzi di barriera laterale. La stessa ragione esclude anche l'attribuire i danni alla minor grossezza de' fondamenti in fondo, che in cima, benche questa minor grossezza, abbiamo veduto al num: 9, non esser vera, e ivi si è scoperta l'origine dell'equivoco. Non nego che sarebbe stato meglio il farli ugualmente grossi fino in fondo, ma vedo che cosa ha indotto l'Architetto a risparmiare questa spesa. Egli il pezzo esterno de' muri de' cappelloni l'ha fatto a scarpa fino al piano della libreria, e ornato. Ha giudicato, che quella scarpa sia un puro ornamento non necessario a sostenere, onde il restringimento de'

---

<sup>30</sup> Dovrebbe essere Johann Bernhard Fischer von Erlach.

fondamenti. L'ha fatto per fare, che la loro dilatazione superiore servisse come di mensola a sostener quell'ornato.

51. Escluse queste cagioni, credo in primo luogo, che quella piccola inclinazione, che si è trovata ne' muri del corpo della libreria sia stata un effetto del primo assettamento della fabbrica, la quale dopo non abbia continuato a muoversi; e il vedere, che nella volta non v'è apertura sensibile mi fa credere, che non sia cosa di conseguenza. Il tetto, come si è detto al num: 23, è molto male composto, ma come vi sono molti travi trasversali, che lo legano in se stesso, e impediscono la sua spinta laterale, così credo, che esso non abbia contribuito gran cosa a quel profondo piccolo sbilancio di muri. Dal corpo di essa libreria non so se la parte, che sta verso il cortile abbia pure ceduto piegandosi in fuori, avendo avute solo le piombature della parte de' baloardi. L'esser rimaste illese da quella parte le scalette, mi fa piuttosto credere di no. In tal caso puo aver contribuito a quella piccola piegatura quell'acqua del condotto, di cui si è detto al num: 48, la quale andando rasente al suddetto muro in modo che per di sotto poteva penetrare sotto la parte esterna de' fondamenti, e però inumidendo questa parte piu, che l'interna, puo avere facilitata una piccola compressione della medesima.

52. La cagione de' mali la piu principale, credo, che sia stata quella, che certamente io credo, essere stata la cagione di tutti i danni della cupola di S. Pietro di Roma, cioè la spinta laterale di essa cupola. Questa spinta è stata quà molto aiutata dal peso di tutto il suo tetto, che parte si appoggia sulla cupola istessa, parte preme obliquamente i muri. Questa pressione del tetto deve essere incomparabilmente maggiore in una cupola, che in ogni altra sorte di tetti. Negli altri tetti si mettoni i travi orizzontali, ne' quali si fa un incastro per gli obliqui lati del triangolo, che si inalza in quella base, o vi si congiunge un altro pezzo di trave sul fine di questi orizzontali ben legato con essi, in cui urtino i lati obliqui. Così il tetto fa un corpo da se, che semplicemente si appoggia sulli muri maestri con una pressione verticale senza sfiancare ne punto ne poco. Ma in una cupola non potendosi fare un simil lavoro per la troppo grande elevazione della volta, se i muri maestri non si alzano al pari della cima della medesima volta; un tetto non puo non esercitare una fortissima pressione laterale. Per questo generalmente alle cupole non si fa un tetto ma si coprono di piombo o rame.

53. Questo sforzo laterale è assai piu da temersi in una cupola che in un tetto alto come questa. I venti urtando, massime qui, dove sono così frequenti, e che anno tanta violenza scuotono tutta la mole in una maniera strana, e allora se lo scuotimento non è affatto uguale in ogni momento nelle parti diametralmente opposte, e non si fa invece il movimento verso la stessa parte; subito che colla disuguaglianza del moto si distaccano un poco i sostegni, la cupola discende col suo peso, e col moto accelerato urta di piu, e a poco a poco fa crescere i distacchi, non essendovi mai forza capace da farla tornare in su, e restringere di nuovo.

54. È vero, che come la lunghezza della ovale della cupola va da cappellone a cappellone, così la maggior parte della forza laterale tanto del tetto, quanto della vol-

ta va verso i due corpi della libreria; ma ivi trova il riscontro di tutta la volta, e tetto de' medesimi corpi così lunghi, che servono di un ritegno insuperabile da quella parte. Tutto quello, che rimane, sopra i cappelloni, si scarica contro di essi: una parte va in fianco contro i muri laterali; ma anche questi per quel verso anno il rinfianco de' lunghi muri de' suddetti due corpi di libreria, e perciò ivi è seguita una assai piccola inclinazione, come si è detto al num: 31. Tutto quello che si è scaricato contro le due facce de' cappelloni ha fatto forza per farli andar fuori inclinandoli. Si è trovato, che questi cappelloni avevano i fondamenti, e tutta la parte, che si alza fino al piano della libreria quasi unicamente accostati a' muri vecchi correnti, che ne' sotterranei, e nel sito delle rimesse seguitano a sussistere ancor oggi correndo innanzi, come prima, ne osservando e di dentro nel sito della rimessa dalla parte del cortile, e di fuori da ambo le parti, ho osservata alcuna diligenza particolare per ben connettere, incastrare, legare forte il nuovo al vecchio. Questo ha reso più facile il distacco; e tutto questo rinfianco, benché abbia fondamenti e muri assai grossi, non ha resistito alla spinta, massime trattandosi di una cupola, che non ha alcuna sorte di contrafforti laterali.

55. Questa, che io assolutamente credo essere stata la cagione di tutti i disordini, può essere stata aiutata dalle acque, che cadendo dal tetto sul terreno contiguo da ambe le parti, inumidendo il terreno, che sta sotto il margine esteriore de' fondamenti, può averlo ammorbidito in modo da facilitare una piccola differenza di compressione; sicché possa la parte esteriore scendere quel poco, che si richiede; perché il piano del fondo acquisti la piccola pendenza proporzionale alla pendenza della linea verticale de' muri, che dà in fuori. Spesso però succede che rimanendo il piano del fondo de' fondamenti al sito suoi muri pure diano poco in fuori, comprimendosi intanto insensibilmente, le parti esteriori, come si è osservato al num: 36.

56. Qualche simile effetto potrebbe al più avere cagionato il terreno smosso per fare il nuovo corridore, se non vi fosse quel muro vecchio di mezzo, e una sufficiente distanza, per cui sono persuaso, che quello non abbia contribuito a facilitare il dar in fuori le altre parti.

57. Ha molto contribuito l'essere questa cupola senza contrafforti, che la rinforzino in fianco, giù al basso, l'essere i muri del piano della libreria in sé assai sottili per una cupola, l'essere la parte di sotto de' cappelloni aggiunta al vecchio, con cui non lega mai troppo bene, l'essere mal fabbricata la stessa cupola in sé medesima con mattoni troppo radi, senza diligenza particolare per fortificare, ben connettere, e sostenere scambievolmente le parti, bucata con troppe finestre, sostenuta da archi troppo deboli, con tutte, che anno facilmente al sommo la separazione delle parti.

58. I danni particolari seguiti in essa nascono dalla dilatazione cagionata colla separazione de' cappelloni. Questa ha dissestate principalmente le parti, che corrispondono sopra le 4 finestre degli angoli. Questa ha data pure la facilità agli archi delle due imboccature di dissestarsi e scomporsi, facendo partire anche le parti che corrispondono sopra di essi.

59. Quello che si osserva di sconcerto sopra il finestrone della ringhiera, che guarda il cortile, e resta in fondo a quel cappellone, non credo, che sia in conseguenza del movimento generale, ma effetto del peso de' cavalli di marmo, che è troppo enorme pel troppo debole sostegno, il quale appunto corrisponde sopra il gran vano del medesimo finestrone.

60. D'onde sia nato il dissestamento delle scalette nel sito delle colonne da ambo le parti verso i baloardi, si ricava facilmente da' numeri 39, e 40. Que' danni sono conseguenza dell'aver ivi dato in fuori il muro maestro parte per la pressione della volta corrente de' due corpi di libreria, parte per essere que' muri vicini a' cappelloni, prima della strappatura stati tirati alquanto in fuori, e strascinati seco da essi, e questo ha fatto fare quel pelo nella volta, che sta da ambe le parti tra la cupola, e le colonne, di cui al num: 18, e 38: e questo avrà anche sforzati in se stessi i muri correnti de' medesimi corpi della libreria, essendo le parti superiori state strascinate piu, che le inferiori nelle vicinanze de' cappelloni giusta il num: 31.

61. Finalmente di quella scompaginatura degli architravi centinati delle porticelle in fondo alla libreria, di cui si è parlato al num: 41, la cagione manifesta è la stessa loro forma, per cui rimangono senza sostegno come pendenti in aria, mentre peraltro anno sopra di se un grave peso di muro pur centinato che vi si appoggia, e va ben in sù.

62. Risposto in questa guisa il dettaglio de' danni, il sistema generale de' movimenti seguiti, le cagioni di questi, si deve passare al punto il piu essenziale, che è quello de' rimedj da adoperarsi.

#### §§ 4

De rimedj, che si devono mettere in opera.

63. Innanzi ad ogni altra cosa devo dichiarare, che io per me sono persuasissimo, che non vada demolita la cupola in alcun modo, essendovi una morale sicurezza di fortificarla, e conservarla. Il non avere ceduto i fondamenti, come si è fatto vedere a' num: 33, 49, e 50, e l'essersi mantenuti interi in se stessi i due cappelloni, senza dissestarsi conforme al num: 29, mi fa coraggio per affermare la suddetta proposizione. Mi conferma in essa assai piu ancora il vedere, che essa si è conservata da se per piu anni senza alcuna puntellatura di fuori, senza alcun sostegno del suo totale messo al di dentro, giacche ne quella selva di travi, che vi si vede sotto, giusta il num: 21 è fatta per puntellarla, anzi neppure arriva a toccarla, e solo vi sono leggiere puntellature de' due archi delle imbocature, e delle parti superiori delle finestre, ne le catene di ferro così sottili, e poco tese anno potuta fare una forza considerabile per contenere uniti i sostegni. Posato questo fondamento, converrà prescrivere i rimedj opportuni per conservare fortificato l'interno senza distruggerlo.

64. In ordine a' due corpi della libreria che stanno fuori del sito compreso tra le colonne, credo, che per ora non sia necessario l'adoparsi alcun rimedio per quella piccola inclinazione di muri, e movimento seguito nel primo assestamento, di cui si è parlato al num: 51. Come detto movimento si è già fermato da gran tempo; così non ha alcuna presente necessità di alcun rimedio, che lo ritenga. Si aggiunge, che conforme al num: 23, e 51, è mal formato; ma come ciò nonostante i danni sono ivi iti crescendo, così per conto della sodezza dell'edificio non è necessario il toccarlo. Per conto del tetto mi è stato suggerito un'altro pericolo di que' travi trasversali incorporati nella volta, ed è quello di un incendio: accesi detti travi da un incendio esterno, che passava col vento al tetto, potrebbe più facilmente far cadere la volta, e dar fuoco alle scanzie, e libri. Questo è un riguardo, che non ha correlazione colla mia commissione presente, che va esaminato colla costituzione particolare della città in ordine all'essere più, o meno facili ad accadere somiglianti pericoli<sup>31</sup>.

65. Se mai lo scavo fatto pe' fondamenti del nuovo corridore avesse contribuito al male seguito, contro a ciò, che si è detto dal num: 45 al 48; ogni nuovo effetto ne è stato arrestato da' medesimi fondamenti ivi fatti, che anzi rinforzano ora le resistenze da quella parte, e incomparabilmente più da quella gran massa di muro massiccio, o piuttosto di platea massiccia, di cui si è parlato al num: 14, che ora rinfianca sì fortemente i fondamenti del cappellone da quella parte. Similmente se mai l'acqua di cui si è parlato al num: 48 avesse contribuito alcuna cosa conforme al num: 55; ancora a questo è stato rimediato dal Sig.r Architetto, deviandola conforme a ciò che si è detto al num: 14.

66. Venendo dunque alla cagione principale de' mali esposta al num: 52, conviene usare tutta la diligenza per tenere uniti i due cappelloni al corpo della cupola, impedendo un ulteriore distacco, che cagioni una maggiore dilatazione, e dissestamento maggiore di parti, e conviene mettere freno alla forza laterale della cupola, per impedire gli ulteriori progressi della sua azione continua, la quale servendosi di tutte le accidentali occasioni enumerate al num: 46, potrebbe far crescere continuamente i mali, e cagionare al fine una totale rovina dell'edificio.

67. Per questi due effetti non solo approvo quelle, che chiamiamo catene di ferro, e sono una specie di stanghe lunghe riquadrate, e i cerchi di ferro, che vedo anche progettati in alcuni de' disegni datimi, ma stimo questo il migliore, e più necessario rimedio al caso nostro. Co' cerchi si è frenato la spinta laterale della gran cupola di S. Pietro di Roma, la quale certamente aveva seguitato a far crescere continuamente la pendenza di tutti i suoi superiori sostegni, e le tante aperture. Il sig. March:e Peleni, che per certi fini politici ha negata questa spinta, e che ha detto, non essere necessarj i cerchi, ad ogni modo ha voluto, che si mettano que' 5, che già erano progettati.

---

<sup>31</sup> Questa di Boscovich non è un'osservazione banale in quanto l'incendio delle componenti in legno era una delle maggiori cause di crollo dell'epoca..

tati, insistendo su ciò dopo di avere vedute cogli occhi suoi gli effetti; benché con quella ordinazione disgustasse anche il partito, che lo aveva chiamato a cose concertate con esso, quale partito per secondi fini voleva si dicesse, che non vi era bisogno di nulla. Rimane poi ben intrigato quando stampati già gli altri libri della sua opera vedè, che scoperto un cerchio antico messo nel tempo stesso della costruzione di quella gran mole, dopo una gagliarda tensione si era rotto, e distaccato in un luogo per 5 dita, in un altro per tre, come si vede dalle innaturali spiegazioni, che si sforza di dare a questo fenomeno nell'ultimo libro della sua opera. I cerchi furono messi in quel maggior numero oltre alla restaurazione del rotto, e ben stretti, né da quel tempo fino alla mia partenza da Roma in 15 anni erano seguiti altri movimenti sensibili in quel genere<sup>32</sup>.

68. Questo sì, che convien badare bene a' siti, ne' quali vanno le catene, e i cerchi, alla loro grossezza, e forma, e alla maniera di spingerli addosso alla fabbrica fino ad una forte tensione. Per quello che, spetta alla grossezza vorrei, che tanto le catene rettilinee quanto i cerchi avessero due pollici, e mezzo di grossezza, e tre e mezzo di altezza, o almeno due di quella, e tre di questa.

69. Per li siti vorrei, che una serie di catene rettilinee vi fosse sotto il pavimento medesimo della libreria, che corressero due dalla faccia di un cappellone alla faccia dell'altro, cominciando accanto al pilastro di un cappellone fino al pilastro corrispondente dell'altro, e due altre per più sicurezza vorrei ivi da fianco a fianco perpendicolari alle prime. Cioè vorrei, che le prime andassero dal sito, che nella pianta corrispondente alle piombature datami sta fra li pilastri T, S, al sito, che sta tra li pilastri H, I<sup>33</sup> le altre due dal sito del pilastro D al sito del suo opposto.

70. Un'altra serie di catene simili rettilinee vorrei più in alto, dove terminano i muri grossi, che sostengono la cupola, due delle quali andassero da' siti, che ivi corrispondono sopra i pilastri V, E, e P, K, dove pure per più sicurezza sene potrebbero mettere due, una dal sito laterale, vicino a quello, che corrisponde sopra il pilastro Q, e l'altra dall'altra parte da' siti vicini a P, ed I. Questi li vorrei là in alto, e in questi siti precisamente per non farli vedere dentro la libreria, e non tormentare tanto più la giù abbasso i muri laterali col farle ivi passare dentro la loro grossezza.

---

<sup>32</sup> Boscovich non ha ancora digerito il comportamento di Giovanni Poleni che nell'esprimere il suo parere sullo stato di resistenza della cupola di San Pietro, nel 1743, aveva di fatto snobbato Boscovich e compagni. Effettivamente una parte dei provvedimenti presi da Poleni coincidevano con quelli suggeriti da Boscovich, ma solo una parte evitando quelli più invasivi.

<sup>33</sup> Boscovich sta parlando dei pilastri inseriti nelle murature e non delle colonne che sono solo quattro. La numerazione dei pilastri fa pensare all'esistenza di un allegato, verosimilmente smarrito, dove è indicata la posizione dei pilastri in questione.

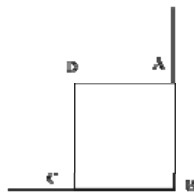
71. Due altre paja di catene rettilinee vorrei ne' siti, che indicherò or' ora, quando parlerò di quelle parti.

72. De' cerchi ovali ne vorrei due, uno quanto si puo piu abbasso, e vicino alla impostatura della cupola sotto le otto finestre ovali, e l'altro sopra le finestre medesime. Per questi, massime per questo secondo, vorrei, che nella parte superiore della volta della cupola si facesse si facesse una incisione triangolare nella forma espressa nella Figura 1<sup>34</sup> in ABC, perche possa ricevervi il cerchio BD, che stringe la parte verticale AB, e faccia forza; ma non la vorrei profonda, per non indebolire la cupola<sup>35</sup>.

73. Queste catene possono essere costruite di vari pezzi, e i cerchi devono esserlo, i quali sieno uniti a dovere, e stretti a uso d'arte. I pezzi de' cerchi devono avere la forma medesima, che ha l'ovale, che debbono stringere, ne mi piace assolutamente la forma irregolare, che ho veduta progettata in una delle piante esibitemi. Per la cupola di S. Pietro di Roma furono lavorati i pezzi alla fornace sulla forma debita a un dipresso; indi fu segnato il cerchio nella gran piazza contigua al tempio, e fu fatta accanto una fornacetta per dare ad ogni pezzo piu esattamente la sua forma. Fra le maniere di legare insieme i pezzi mi piace sopra ogni altra quella, di cui si servono molti, e di cui si servì per essa cupola di S. il Sig.r Vanvitelli celebre Architetto Romano<sup>36</sup>, che ora serve a Caserta S. M. il Re di Napoli. Ogni pezzo finiva da una parte con due occhi discosti fra loro tanto, quanto erano larghi, e dall'altra con uno. Questo appartenente a un pezzo entrava fra que' due appartenenti il contiguo. Erano tutti e tre attraversati da due cunei posti l'uno contro l'altro, i quali, battendovi quel di sopra si andavano ad incontrare nelle loro parti piu grosse, e facevano tale forza coll'esser battuti insieme nelle parti diametralmente opposte a quattro per volta, o tutti insieme, che arrivarono a stritolare i pezzi di pietra, benche bene spianata, che toccavano, ne qual stato di tensione si finì di batterli. Questa maniera li spinge in-

---

<sup>34</sup> A fianco del manoscritto di Boscovich è riportata la seguente figura:



<sup>35</sup> Si tratta quindi di fare un solco triangolare nella muratura della cupola con facce inclinate a 45° in modo da potervi alloggiare un cerchione disposto su un piano orizzontale.

<sup>36</sup> Per notizie biografiche su Vanvitelli si veda la parte prima del presente volume.



comparabilmente piu che le viti, di cui ho veduto far uso qui. La loro forma è comunque abbozzata nella fig. 2<sup>37</sup>.

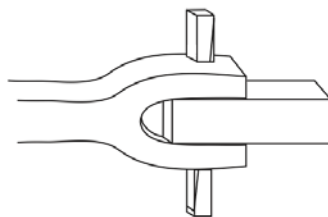
74. I pezzi delle catene rettilinee nel mezzo possono essere connessi come si vuole, ma verso il fine, si possono tirare col metodo di sopra per tenderli a dovere. Non è necessario che io avvisi specialmente, che le catene devono avere al fine de' lunghi, e larghi, e grossi paletti trasversali, co' quali facciano forza contro uno spazio considerabile di muri, che abbraccino, conforme al solito, come pure è superfluo il raccomandare, che si badi bene alla qualità del ferro, che sia ottimo, e alla sodezza del lavoro, massime nel sito degli archi.

75. Ne' siti, dove devono le catene rettilinee, o i cerchi passare attraverso a' muri, non vorrei, che i fori si facessero a forza di scalpello, per non scuotere la machina, ma col trapano, cosa non difficile ad eseguire, e potrebbe adoprarsi una qualche specie di seghetta per fare il piccolo incastro nella superficie superiore della cupola, cui cui però converrà nel sito, dove devono rimanere i cunei degli occhi, fare i suoi buchi per di sotto, che li ricevano, i quali non è necessario molto profondi.

76. Questo servirà per contenere in avvenire la forza laterale della cupola: ma conviene inoltre rimediare al dissestamento di quelle sue parti, che si sono sconcerstate, e mancano di sufficiente appoggio. A questo fine non solo approvo, ma stimo troppo necessarj i due sottarchi che vedo progettati in uno spaccato datomi, i quali co' due pilastri, che li sostengono devono essere posti dentro la libreria sotto gli archi delle sbocature, de' quali si è parlato al num: 56, correlativo al num: 21, e che sostengono la cupola terminando colle loro cime le due estremità del suo asse minore<sup>38</sup>. Devono i pilastri venir da basso dal fondo delle ideate cantine, avendo i fondamenti al piano de' fondamenti di esse, venir su dentro le medesime, salire nel corpo della libreria e sostenere questo sottarchi. Per me è cosa indifferente, che essi, come ho visto progettato, sieno di pietra, o di buona calce, e matoni, purché sieno suffi-

---

<sup>37</sup> A fianco del manoscritto di Boscovich è riportata la figura:



dalla quale si capisce come la catena possa essere tirata dallo scorrere di due cunei l'uno sull'altro.

<sup>38</sup> Si tratta del progetto di restauro di Pacassi.

cientemente grossi, ben travagliati, e dopo il loro assestamento bene inzeppati gli intervalli, che potessero rimanere tra essi, e gli archi superiori scompaginati.

77. Questi pilastri ed archi non deformeranno punto la libreria, ne la ingombreranno troppo, dovendo venir in fuori assai meno di quello, che vengono in fuori le colonne; anzi potranno ornarla. Verso il terzo del loro sesto<sup>39</sup> vorrei una catena rettilinea per uno, la quale andasse avanti fino a' pilastri di fuori segnati colle lettere V, E, P, K, de' quali si è fatta menzione al numero 70, badando bene di fare il lungo foro in modo, che non patiscano i muri, e non si scuota troppo la fabbrica. Queste catene non avrei difficoltà, che si vedessero ancora per quel tratto, per cui rimanessero scoperte nel vano degli archi, che non deformerebbero considerabilmente, e le stimo utilissime, se non anche necessarie in un sito, in cui l'arco aggravato di sopra deve spingere in fuori.

78. Gli archi sopra i finestroni al fine de' cappelloni, massime quello, che sostiene di sopra i cavalli, conviene assolutamente fortificarli, o col rifarli piu grossi, puntellando intanto il peso superiore, o col mettere attraverso in cima ad essi delle grosse stanghe di ferro, che restino murate sopra l'arco e ajutino a sostenere.

79. Le quattro finestre ovali, che restano ne' quattro cantoni della cupola, io per me non credo, che debbano essere murate in conto alcuno. Credo che il murarle non sarebbe di alcun utile, e piuttosto sarebbe di danno. Altro sarebbe, se non fossero stati lasciati que' vani da principio: il tutto avrebbe fatto un corpo intero, e resistente. Ora il nuovo non legherebbe mai abbastanza col vecchio; e come quella massa, che si mettesse per chiuderli rimarrebbe obliquamente pendente in aria; avrebbe bisogno di essere sostenuta per di dietro essa stessa per se, in cambio di sostenere la parte, che le restasse sopra. Ivi neppure gioverebbe ora far archi, i quali per la forma curvilinea della cupola in quel sito non ponno mai farsi tali, che possano sostenersi le loro cime aggravate de' pezzi di sopra gia scompaginati, e mezzo staccati, e prive di appoggio inferiore opportuno. Ivi dunque mi ajuterei con delle traverse di ferro incastrate immediatamente sopra la cima di quegli archi, che sostenessero, una come graticcia di ferro, su cui si appoggiassero le parti medesime concertate, e mezzo distaccate.

80. Nel sito delle colonne, e scalette metterei un'altra catena rettilinea per parte all'altezza dell'architrave presente, che passasse fuori de' muri maestri, e trattenesse quella qualunque forza, che gli ha fatti dar'ivi in fuori alquanto piu, che altrove conforme al numero 40. Essa rinforzerebbe assai la fabbrica, e crederei, che una sola per parte dovesse bastare della grossezza detta di sopra. Essa la farei in modo, che passando attraverso al sito della scaletta avesse i suoi occhi da essere fissata tanto da ambe le parti del muricciolo interno di esse, quanto dell'esterno. Un'altra ivi ne farei piu certa a pie delle scalette, che anno patito, la quale attraversando tutto il muriccio-

---

<sup>39</sup> Dell'arco.

lo interno, ed il muro esterno di esse le legasse, e tenesse unito tutto il contorno del cilindro vano, che le contiene.

81. Intorno a quelle porticelle al fine della libreria, delle quali si è parlato al numero 61, credo, che il miglior rimedio sia il riffare quel architrave tondo, mettendovi dentro un'anima di ferro, che entri bene nel vivo da ambe le parti, e contenga il peso superiore.

82. Queste sono le riparazioni, che io credo bastino per tener in piedi lungo tempo stabile l'edificio, e stuccherei intanto le altre aperture della cupola rissarcendo le pitture, se non si ponno essere rissarcite senza quella selva di travi, e palchi, che da tanto tempo ingombra la libreria, con qualche palchetto leggero, o machina ambulante ad uso di quelle, che da noi usano a Roma nell'immenso tempio Vaticano, perche in tal caso, tolto via il presente imbarazzo, si potrebbe prima di rissarcire la pittura star a vedere due, o tre anni, se sieguono altri moti.

83. In ordine a questi, per meglio conoscerli, metterei attraverso alle principali aperture a diverse altezze varj pezzi di marmo fatti a coda di rondine, come sogliono chiamarli, perche le stucature crepano spesso per se medesime, massime nell'asciugarsi, e piu facilmente si stirano un poco, come pure la carta incollata; onde quantunque facciano conoscere i grandi movimenti, non ci possono far conoscere con tanta sicurezza i piccoli; come lo fanno i suddetti pezzi di marmo.

84. Non conviene spaventarsi di qualche nuova apertura, che sopravvenisse su principio; perche il ferro si dilata prima di essere arrivato a una tensione, che faccia gran forza, massime se nel mettersi in opera non fosse forzato abbastanza. Dopo qualche tempo si potrà osservare, se il pezzo di marmo posto attraverso non solo si rompe; ma con una sua parte si distacca dall'altra, e il distacco cresce. Quando anche cio accada; intanto il nuovo rinforzo tratterrà molto l'impeto, e prima, che i ferri possano arrivare a rompersi, soffriranno una forte tensione per tempo considerabile dilatandosi, e dando tempo per venire a' rimedj piu efficaci.

85. Questi rimedj piu efficaci, che io metto in riserva, sono varj. Prima di ogni altra cosa, se i mali seguitano a crescere, io per me leverei il tetto, senza piu rifarlo in alcun altro modo. Niuna forma di tetto mi piace per le cupole, dovendo esso sempre o sfiancare assai, o deformare; se per rimediare alla sfiancatura, si facessero passare per di dentro diametralmente delle catene di ferro, che terminando a' travi obliqui servissero, come di corde, o di basi de' triangoli, e frenassero la spinta laterale de' lati, come mi pare che si progetti in uno degli spaccati, che ho veduti. Vorrei piuttosto far quello, che si fa generalmente in tutte le cupole fino in Turchia; la copertura di piombo o di rame, dando lo scolo alle acque, che anderebbero verso i tetti de' due corpi rettilinei della libreria, impedendo l'andar a sperdersi da quella parte, come è assai facile. Questo sgraverà infinitamente la spinta laterale. Per ora non toccherei il tetto medesimo; perche non essendo incorporato colla cupola, ma solo appoggiato sopra di essa, credo, che possa rimanere senza pregiudizio dopo i rimedj prescritti.

86. Se neppur questo bastasse, poggerei alle due facce esterne de' due cappelloni due grossi muri a scarpa, cominciando giu da' fondamenti, che andassero fino all'imposta della cupola, e anche piu sù per serrar dentro l'edificio, portando piu innanzi il medesimo ornato, che vi è presentemente; e se mai si vedesse abbassamento ne' cappelloni, che fin'ora non si scorge, penserei allora a ingrossarne e sprofondarne i fondamenti.

Ma torno a dire, che spero onninamente<sup>40</sup>, non si abbia ad essere bisogno alcuno di queste ultime aggiunte, e che fatto cio, che ho proposto fino al num: 85, si preserverà questo magnifico, e prezioso edificio da ogni danno ulteriore. Aggiungo solo, che tutti questi lavori si ponno fare comodamente senza levare i libri dal luogo loro fuori del piccolissimo sito, in cui vanno i nuovi pilastri, che devono sostenere i sottrarchi.

Questo è quello, che ho creduto di poter proporre dopo tutte le piu attente riflessioni, e i piu diligenti esami, e riscontri. Soggetto ogni cosa al giudizio di chi ha piu mente, cognizioni, esperienze di me, contento solo di avere con tutta la premura, applicazione, fedeltà, adempiti i Sovrani comandi nel fare le ricerche, ed esporre sinceramente tutto cio, che i miei deboli lumi mi anno suggerito. Faccia Iddio, che alla mia ottima volontà nel proporli corrisponda qualche vantaggio alla grande opera, se non altro, muovendo le migliori idee altrui, e dando occasione a piu fondati, e piu felici progetti.

---

<sup>40</sup> Totalmente.

## **LA PERIZIA SUL DUOMO DI MILANO**



## 1. *Le motivazioni della consulenza*

Boscovich nel 1764 si trovava a Pavia come professore di Matematica<sup>1</sup>. Nello stesso anno gli furono affidate due perizie: l'una dal Capitolo milanese e relativa alla stabilità della guglia del Duomo, l'altra dalla città di Rimini sugli interventi necessari per riattivare il porto da lungo tempo trascurato. Boscovich con qualche disappunto dei superiori del suo ordine si dedicò prima alla perizia di Rimini, con discreto successo, poi a quella di Milano.

Da quello che risulta dalla documentazione di archivio Boscovich fu chiamato a esprimere il suo parere sulla capacità della cupola del duomo di Milano a resistere al peso della grande guglia progettata da Francesco Croce<sup>2</sup> su richiesta dei deputati della Veneranda Fabbrica del Duomo<sup>3</sup> nell'agosto 1764. Secondo Croce l'attribu-

---

<sup>1</sup> Dopo il suo ritorno a Roma da Vienna sul finire del 1763, Boscovich aveva accettato di andare a Pavia, ove era stato chiamato il 28 novembre 1763 per ricoprire la cattedra di Matematica e occuparsi dell'osservatorio astronomico di Brera a Milano, gestito dai gesuiti. La sua partenza da Roma avvenne nell'aprile del 1764. Boscovich fece frequenti viaggi a Milano per occuparsi dell'osservatorio; in particolare era a Milano in aprile e in luglio del 1764. La presenza di Boscovich a Brera durante l'estate del 1764 era stata un'occasione più che favorevole per indurre il rettore Pallavicino ad ascoltare il suo parere e a chiedergli collaborazione non solo nella sua veste di esperto astronomo, ma anche nella sua qualità di apprezzato architetto, dato che aveva già progettato, anche se non realizzato, l'osservatorio del Collegio Romano. Boscovich si mise all'opera con grande entusiasmo, e sul finire del 1764 era pronto il progetto da sottoporre all'approvazione di Firmian, ministro plenipotenziario per la Lombardia. L'esecuzione avvenne sotto la continua sorveglianza di Boscovich il quale, nonostante la distanza tra Milano e Pavia, intervenne personalmente nella direzione dei lavori giungendo a concorrere alle spese di costruzione pur di evitare la sospensione dei lavori (P. Casini, *Boscovich, Ruggiero Giuseppe*, in *Dizionario Biografico degli Italiani*, Istituto della Enciclopedia Italiana, vol. XIII, Roma 1971, pp. 221-230.)

<sup>2</sup> Per notizie biografiche su Croce vedi *infra*.

<sup>3</sup> La Veneranda Fabbrica del Duomo di Milano, era, ed è tuttora, un ente che provvede alla valorizzazione, manutenzione e restauro del Duomo di Milano, senza alcuna ingerenza negli affari ecclesiastici. Accanto a queste funzioni vi sono quelle di custodia dell'edificio, conduzione di tutte le attività collegate e gestione del patrimonio. La storia della Fabbrica inizia nel 1387, quando venne istituita da Gian Galeazzo Visconti per supervisionare la costruzione del Duomo, sostituendo la *Superstantia* di Santa Maria Maggiore creata l'anno prima dall'arcivescovo Antonio da Saluzzo. Alla Fabbrica vennero affidate tutte le funzioni relative alla realizzazione, compreso il reperimento di fondi, compito che assolve ancora oggi.

zione di questo incarico era la naturale conclusione di una decisione adottata anni addietro:

Per altro il Capitolo<sup>4</sup> della Fabbrica del Duomo non solamente ha voluto il pensiero di quest'aguglia dall'architetto ragionato, ma è sin da quando nell'anno 1762 incaricò il medesimo di formarne l'idea, e dopo vedutone il modello, con repplicati decreti ha sempre ordinato per procedere con tutta la più esatta diligenza in un'opera di questo rilievo, che prima d'intraprenderne la esecuzione si debbano consultare e matematici ed architetti, affinché in nessun tempo, ed in nessun modo modo, possa incontrare disapprovazione alcuna la di lui condotta: persuadendosi con ciò di dare tutte le provvidenze che siano possibili in questo caso, ecc.<sup>5</sup>

Forse ciò corrisponde al vero, ma c'è anche un'altra motivazione di carattere "politico". Il progetto di Croce, e l'idea stessa di una grande guglia erano stati oggetto di una vivace critica da parte dei circoli illuministici milanesi. In particolare Paolo Frisi<sup>6</sup> fece pervenire alla Veneranda Fabbrica tramite il conte Carlo Giuseppe Fir-

---

<sup>4</sup> Il Nobilissimo Capitolo Generale era, ed è tuttora, il consiglio di amministrazione della Veneranda Fabbrica del Duomo. All'origine era composto da 45 persone, includenti i massimi esponenti della città: il duca, i nobili, l'arcivescovo e i responsabili della magistratura cittadina. A questi si aggiunsero poi deputati scelti fra il popolo (fino a 300), che dovevano controllare il flusso dei finanziamenti e la realizzazione fisica dell'edificio. La dimensione del Capitolo Generale in seguito si ridusse progressivamente, pur garantendo la rappresentanza a tutte le componenti della vita della città. Durante la dominazione austriaca, ai tempi di Boscovich, si arrivò a 7 membri. Attualmente il Consiglio è formato da sei membri e da un presidente.

<sup>5</sup> F. Croce, Note alle brevi considerazioni sopra la cupola del Duomo di Milano, in A. Nava, *Relazione dei restauri intrapresi alla gran guglia del duomo di Milano nell'anno 1844 ed ultimati nella primavera del corrente 1845*, Valentini, Milano 1845, p. 50.

<sup>6</sup> Paolo Frisi (1728-1784). Matematico, astronomo e pubblicista italiano. Figura importante della matematica e delle scienze nell'Italia del Settecento, noto soprattutto per i suoi lavori di idraulica. Fu definito il d'Alembert italiano. Seguì corsi di filosofia e teologia a Milano, poi a Pavia, ma il suo interesse era rivolto soprattutto verso le scienze fisico-matematiche. Nel 1743 entrò nell'ordine dei Barnabiti. Insegnò a Pavia prima, poi a Casale. Nel 1765 tornò a Milano, ove rimase tre anni. Chiamato ad insegnare etica e metafisica prima, algebra poi all'Università di Pisa, vi si trattenne dal 1755-56 al 1763. Durante il periodo pisano compì numerosi viaggi in territorio toscano per studi di opere idrauliche. Dal 1764 fu collaboratore del «Caffè». Tra le sue opere meritano di essere soprattutto ricordate la *Cosmographia physica et mathematica* (1774-1775) e *Dell'archi-*



mian, plenipotenziario austriaco a Milano, in forma anonima un pamphlet in cui esprimeva forti critiche sia agli aspetti estetici sia a quelli strutturali del progetto di Croce. I deputati della Veneranda Fabbrica furono quindi costretti a cautelarsi dalle critiche appoggiandosi al parere di autorevoli consulenti, tra cui Boscovich era il più celebre.

Boscovich consegnò il 24 febbraio 1765 la sua perizia che, già prima di essere resa ufficiale, aveva trovato consenso negli ambienti politici milanesi e tra gli addetti ai lavori con gradimento da parte dei gesuiti che vedevano riaffermato il loro ruolo guida in campo scientifico tanto che lo stesso padre generale Lorenzo Ricci ritenne opportuno felicitarsene con Boscovich.

Nel seguito riferirò una breve storia della costruzione della grande guglia e delle discussioni nate da essa.

### 1.1 Storia del Duomo e della Grande Guglia

Il Duomo affonda le proprie radici nella porzione di territorio urbano che, dal III secolo d.C., ha costituito il centro religioso cristiano di Milano, sviluppandosi sopra le antiche basiliche e i battisteri. I lavori iniziarono nel 1386 su iniziativa di Gian Galeazzo Visconti che voleva una cattedrale degna dell'ormai importante stato milanese.

La cupola con il tiburio fu terminata nel 1500 a opera di Giovanni Antonio Amadeo<sup>7</sup> e Gian Giacomo Dolcebuono<sup>8</sup>, la facciata fu terminata solamente nell'Otto-

*tettura statica e idraulica* (1777). Per una sua biografia si veda G. Boffito, *Scrittori barnabiti o della congregazione dei chierici regolari di San Paolo (1533-1933). Biografia, bibliografia, iconografia*, 4 voll., Olschki, Firenze 1933-1937, vol. II, pp. 72-98.

<sup>7</sup> Giovanni Antonio Amadeo (1447 circa-1522). Pavese di nascita e di formazione, operò attivamente come architetto e scultore. A Pavia alla Certosa, a Santa Maria in Canepanova e a casa Bottigella. A Milano nel cantiere del Duomo, ove rimase attivo dal 1477 al 1519, all'Ospedale dei poveri Ca' Granda, alle chiese di Santa Maria presso San Celso, Santa Maria alla Fontana, Santa Maria delle Grazie. Ancora a Crema, Lodi, Saronno e in altri centri minori. Amadeo può essere considerato il primo artista lombardo a addolcire la scultura gotica con i tratti più sciolti e liberi derivati dalla cultura umanistico-rinascimentale.

<sup>8</sup> Gian Giacomo Quadri, detto Dolcebuono (1445 circa-1504). Svolsse il suo apprendistato di architetto nella bottega di Giovanni Solari e del fratello Guiniforte Solari, contemporaneamente al coetaneo Giovanni Antonio Amadeo con il quale condivise numerosi progetti architettonici. Attivo nel 1467 al Duomo di Milano, nel 1472 è indicato come magistro operante all'«altare di San Giuseppe» in Duomo su disegno di Amadeo. Nel

cento. Nel seguito riporto una sintesi della storia della costruzione del tiburio tratta da fonti di archivio:

Correva l'anno 1490, ed i Deputati della Fabbrica del Duomo, non arri-schiandosi di affidare la costruzione della Cupola colla Guglia o, come la chiamavano, del Tiburio, agli Ingegneri che teneva a' suoi salarj, chiamarono Giovanni Antonio Omodeo<sup>9</sup> e Gian Giacomo Dolcebono<sup>10</sup>, e, nominatili tosto Ingegneri di Fabbrica, il 13 aprile di quell'anno diedero loro incarico di costruire la Cupola, alla condizione che si servissero degli antichi modelli esistenti presso la Fabbrica, e non fosse ad essi lecito di farvi cangiamenti, quando occorressero, se prima non fossero stati approvati da Francesco di Giorgi<sup>11</sup> Ingegnere al servizio della Repubblica Senese, e da Luca Fiorentino, ch'era agli stipendj del Duca di Mantova.

Giunto il De-Giorgi in Milano verso gli ultimi giorni di maggio con Antonio da Glassiate, tosto si occupò deli' importante affare della costruzione della nostra Cupola, per modo che il giorno 28 di giugno egli aveva fatto un modello, e lo aveva presentato unitamente a quelli fatti dall'Omodeo, dal Dolcebono, dal Prete Simone da Eturi e da Giovanni de Bettaggi.

Si unirono nella Camera delle udienze, posta nel Castello di Porta Giovia, ed alla presenza di Lodovico Maria Sforza, dell'Arcivescovo Arcimboldi, e di altri distinti personaggi col De-Giorgi, coll'Omodeo e col Dolcebono, esaminarono e discussero intorno ai modelli presentati. Dal processo verbale risulterebbe che nessuno dei modelli pienamente soddisfacesse. Vennero però concertate e stabilite le massime generali per la costruzione della Cupola e della Guglia, e Perciò prescritti i ciclopici arconi sopra i quattro piloni con curva a porzione di circolo venne determinata l'imposta della Cupola, indicati i costoloni, le chiavi di ferro, il tamburro colle finestre, le torri, o guglie sopra i piloni per contraforto. Al processo verbale di questa adunanza tenuta il giorno 28 giugno convennero tutti e vi apposero la loro firma, solo eccettuato l'Omodeo.

1473 eseguì le «decorazioni» per la cappella di chiesa di Santa Maria presso San Celso con Lazzaro Palazzi e fornì delle «decorazioni in cotto» per il chiostro grande della Certosa di Pavia.

<sup>9</sup> Giovanni Antonio Amadeo.

<sup>10</sup> Gian Giacomo Dolcebuono.

<sup>11</sup> Francesco di Giorgio Martini (1439-1501). Ingegnere, architetto, pittore, scultore, e trattatista italiano. Fu a Milano nel 1490.

Date le opportune disposizioni per ordine del Duca Lodovico furono tosto intraprese le opere designate nel surriferito processo verbale, ed il De-Giorgi ripartì per Siena. Furono adunque costrutti gli enormi arconi formati con massi della pietra granitosa da noi detta sarizzo<sup>12</sup>, li quali posando sopra i quattro piloni, dovevano portare tutto il peso della Cupola, del tamburro, della Lanterna e della Guglia. Pare che la cura di queste prime costruzioni fosse totalmente affidata al Dolcebuono, imperocchè io non vi trovo mai nominato l'Omodeo.

Andavano frattanto a rilento i lavori della Cupola, e ne' giorno 8 maggio 1497, i Deputati, stanchi di sì fatta lentezza ordinarono che gli *Ingenierij vadant ad prederias ad locum Ornavasii ad faciendum provisionem tantae quantitatis marmoris, quod dicunt Tijburium perfici possit, et de omnibus necessariis circa structuram dicti Tiburij*. Precisamente in quest'anno l'Omodeo rimase solo alla direzione dei lavori della Cupola, ed, all' oggetto (li darvi spinta, trovo clic nel giugno dell' anno seguente i Deputati stabilirono un contratto collo stesso Omodeo e con Pietro Nostrano<sup>13</sup> per l'esecuzione in marmo degli archi per le finestre del tamburro; *de tribus in tribus pro structuram fenestrarum Dictae Testudinis hinc ad totum mensem aprilis proxime futurum, ad computum ducatorum quattuordecim pro quolibet arcu ad libris quattuor pro ducatu*.

Giungeva l'anno 1507 e mi sembra che la Cupola avesse ripreso lo stato di inerzia, ed i Deputati il giorno 23 di agosto deliberarono di commettere a Giovanni Giacomo Crivelli la costruzione delle quattro Guglie poste sopra i piloni, come venivano prescritte nel voto 28 agosto 1490. *Quapropter cum prefatus Magnificus Dom. Jo. Jacob us Gribellus vir nn omni negotio peritissimus de hujusmodi ornata ob ejus cogitationem habet experientiam, eidem dederunt et dant husjusmodi providentiam fieri faciendi dictos Torrinos, seu agugias ac eidem omnimodam in premissis reliquuntur potetstaem*. Fu intrapreso adunque il lavoro, e parmi di poter asserire che uno di questi venisse ultimato sui finire del 1510. Nè si creda che questo punto non fosse coordinato col resto delle cose poichè erasi fatto appunto precedere il Gugliotto all'inalzamento della Cupola, onde frenasse col suo peso la spinta degli arconi nel luogo ove nascono. Non avvi dubbio che le dimensioni della Cupola, eseguita poi dall'Omodeo, non fossero diverse da quelle indicate dal De-Giorgi nel suo voto 27 giugno 1490, poichè l'Omodeo non tenne conto della scala esistente nel Gugliotto, la quale doveva mettere al piano della Cupola. Da ciò nacque lo sconcio che per salirvi dovette

---

<sup>12</sup> Serizzo.

<sup>13</sup> Pietro Nostrani.

immaginare il passaggio che da un'apertura di finestra guidava per le controvolte alla parte superiore della Cupola.

Furono dati nuovi eccitamenti all'Omodeo perchè progredisse nei lavori della Cupola, quando il giorno 17 gennaio dell'anno 1508 presentò ai Deputati un nuovo modello della Cupola colla Guglia superiore, *modellurn tam ipsius Thiburii, quam ipsus Agugliae*. Ma siccome il progetto dell'Omodeo scostavasi dalle massime stabilite, furono sentiti in ispeciale commissione Cristoforo Solari ed Andrea Fusina, i quali furono di contrario parere: *multa in oppositum adducebant*. L'Omodeo però, dopo qualche tempo, costruì la Cupola col lanternino secondo il suo progetto, ed i Deputati, che assai lo avevano in istima, cessarono di molestarlo, lasciandolo operare a suo talento. Alla morte dell' Oniideo, avvenuta il 27 agosto 1522, oltre la Cupola col suo tamburro trovavasi ultimato il Cupolino ed erasi dato principio agli otto pilastri che formano il portichetto onde vedesi circondato, come pure agli altri pilastri posti sui costoloni destinati a portare gli otto archi rampanti. Da ciò puossi conchiudere che, se al tempo dell'Omodeo non venne sopra-posta alla Cupola la Gran Guglia od Obelisco, erano però state disposte le fondamenta su cui inalzarla, e ne era stato determinato il perimetro inscritto nell'anello di serraglio della Cupola.

Nel 1620, circa, si pose mano alla Guglia, ma i lavori si ristrinsero a costruire il portichetto esterno del Cupolino, il ripiano che vi sta sopra il vertice del Cupolino guarnita di parapetto, la scala per ascendervi, e gli otto archi rampanti posti rontro ai pilastri, ad imitazione delle torri di Roano e di Chartres. Così ridotto serviva esso di loggia o belvedere, che parve di bell'effetto all'autore della memoria anonima attribuita al celebre matematico Paolo Frisi, e che viene da me pubblicata in appendice di questa relazione. Lo stile e l'esecuzione di tutte quelle opere veramente risentono dell' infelicità dei tempi in cui si eseguirono.

Verso l'anno 1640 Carlo Buzzi presentò un grandioso progetto per la Guglia, da lui poscia pubblicato in foglio grande insieme colla facciata che proponeva poi Duomo. I Deputati però non istimarono conveniente di ammettere il progetto della Guglia ideato dal Buzzi, siccome quello che troppo si scostava dalle originarie dimensioni.

Passò più di un secolo, nè mai più si parlò della Guglia, attendendo i Deputati a spendere il denaro in opere di poco conto e malamente eseguite, come sono le Guglie che guardano alla contrada di S. Raffaello, i parapetti e le decorazioni quando il conte Ersilio Del Maino, il 18 di giugno del 1762, rappresentò ai Colleghi Amministratori essere ormai tempo di ripigliare quel lavoro. Accennava esso che i modelli per costruire la Gran Guglia dovevano trovarsi presso la Veneranda Fabbrica e che alcuni fra i suoi Colleghi di ciò erano informati.

Convennero pienamente i Deputati nella proposta falla dal conte Del Maino e prescissero che si cercassero i modelli ed i disegni che reputavano conservarsi nelle sale e nell'archivio dell'Amministrazione. Le indagini furono inutili, anzi si trovò mancante della Guglia perfino il gran modello in legno eseguito nel 1519 dal pittore Bernardo Zenale da Triviglio sotto la direzione dell' Omodeo, Girolamo della Porta, Cristoforo Solari, Giovanni de Agosteno e Bartolomeo Suardi detto Bramantino.

Nel giorno 8 di luglio del 1762 all'Architetto Francesco Croce, che con speranza di futura elezione era stato nel 22 aprile del 1760 ricevuto al servizio della Fabbrica, venne dato nuovo incarico di far ricerca dei vecchi modelli, e di formare un progetto per erigere la Gran Guglia. Presentò egli il 2 maggio 1764 un modello in legno, mentre in una sua relazione indicava i motivi per quali, non dipartendosi dalle massime stabilite, giudicava conveniente di occupare col perimetro della sua Guglia il perimetro del sottoposto Cupolino, e rendeva ragione tanto delle proporzioni da lui assegnate all'opera, che della solidità della sua costruzione.

Parve ai Deputati di invitare il conte Alfieri<sup>14</sup>, Architetto di S. M. il Re di Sardegna, onde venisse a Milano per esaminarvi il progetto del Croce ma poichè non poteva l'Alfieri lasciare Torino, venne invece accettato il suo scolaro Francesco Martinez, che pronuncio giudizio di lode nel voto in data del 15 maggio 1765, da noi riportato in fine.

Vennero interpellati anche i celebri matematici Ruggero Boscovich Gesuita e Francesco De-Regi Barnabita, i quali, nelle memorie del 24 febbrajo e 10 marzo 1765, non esitarono ad affermare e provare potere la Cupola portare il peso che se le volea addossare, e doversi la Guglia proposta dal Croce reputare staticamente solida ed esente da pericolo.

Rassicurati i Deputati da tanti voti concordi approvarono il modello della nuova Guglia, e, nel giorno 8 luglio 1765, commisero al Croce di preparare i capitoli per dar mano alle opere di costruzione. In meno di quattro anni la Gran Guglia venne ultimata. Egli è bensì vero che l'esecuzione non risponde in molte parti alla felicità del concetto, ma per debito di giustizia non saprei tacere i lamenti che il Croce esponea all'Amministrazione, durante il lavoro sul conto del sovrastante e semi-intraprenditore Buzzi, il quale godendo, per quanto mi pare, la confidenza dei Deputati più dell'Architetto, tradiva l'opera nell'eseguirlo. Soltanto dopo replicati reclami l'Amministrazione aperse gli occhi, ed il Croce ottenne che al Buzzi venisse sostituito il soprastante Cattaneo. Intanto il male era fatto, e l'opera ingegnossissima renduta imperfetta,

---

<sup>14</sup> Benedetto Alfieri.

come pur troppo spesso avviene per mal animo e per vergognosa invidia<sup>15</sup>.

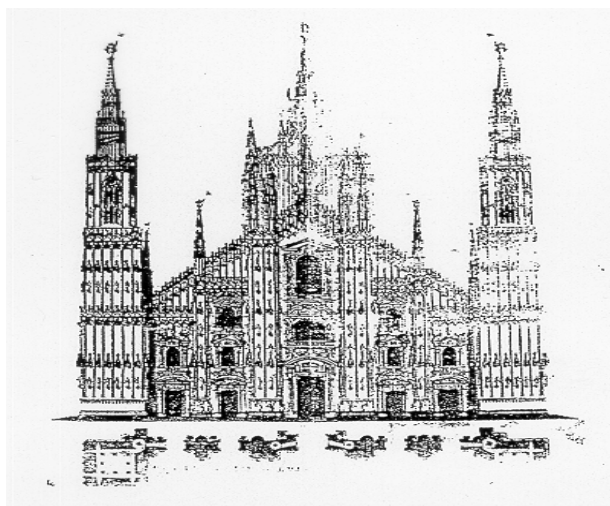
Il Duomo quindi è stato in costruzione per circa cinque secoli, dal XIV al XIX. In particolare nel 1774 fu completata la grande guglia con la messa in opera della Madonna e nel 1815 fu conclusa la facciata. Questo lungo processo di costruzione fu “accorciato” fittiziamente nella pubblicistica. Nel Ritratto di Milano di Torre del 1764<sup>16</sup>, c’era una incisione del Duomo secondo il progetto originale di Carlo Buzzi<sup>17</sup>, approvato dalla Veneranda Fabbrica con delibera del 1653, ma di fatto abbandonato. Il Duomo vi appariva completato da due campanili disposti lateralmente e da una grande guglia, secondo quanto illustrato dalla Figura 1.1. Il tutto dava un’impressione di maestosità.

---

<sup>15</sup> A. Nava, *Relazione dei restauri intrapresi alla gran guglia del duomo di Milano nell’anno 1844 ed ultimati nella primavera del corrente 1845*, Valentini, Milano 1845, pp. 10-14.

<sup>16</sup> C. Torre, *Ritratto di Milano*, L. Maestri, Milano 1674.

<sup>17</sup> Carlo Buzzi (ca.1585-1658) è stato un architetto italiano. Dopo una fase di studio e di apprendistato svolta assieme al padre, iniziò la sua carriera autonoma nel 1638 ottenendo l’incarico di architetto della Fabbrica del Duomo. Rimase coinvolto nella diatriba artistica fra i fautori della linea di costruzione in stile gotico e gli oppositori che aderirono alla scuola manierista. Buzzi propose il ritorno al modello gotico e l’abbandono di quello definito “romano”, però a causa delle grandi incertezze e tentennamenti, il suo progetto concesse ampi spazi ai compromessi. Nel 1647 Buzzi elaborò due nuovi progetti, uno dei quali comprese campanili fiancheggianti la facciata. Sei anni dopo, presentò un ultimo progetto, che sebbene abbandonato alla sua morte influenzò in parte i lavori di completamento della facciata dei primi anni dell’Ottocento.



**Figura 1.1** Progetto della facciata del Duomo di Milano di Carlo Buzzi.

Questa immagine piacque tanto ai milanesi che fu riproposta per anni e considerata rappresentativa dell'effettivo Duomo, anche all'estero, contribuendo a diffondere la fama di un sì maestoso edificio.

Nel secolo XVIII, sotto il dominio austriaco, il problema dell'ultimazione del Duomo si ripropose con forza. Nel 1759 l'architetto Carlo Giuseppe Merlo<sup>18</sup>, ingegnere della Fabbrica, ricevette l'incarico di presentare un nuovo progetto, che tenesse conto anche della capacità portante della cupola. Merlo non riuscì a concludere il progetto perché la morte lo colse nel 1760, quando aveva appena elaborato un progetto preliminare. L'incarico così nel 1762 fu affidato a Francesco Croce<sup>19</sup>, che ave-

---

<sup>18</sup> Carlo Giuseppe Merlo (1690-1760) fu forse l'architetto più importante e rappresentativo del Settecento lombardo. Merlo riuscì a dare continuità all'architettura milanese del secolo precedente, improntata su di una pacata razionalità. Tra le sue opere più importanti sono il Palazzo Piccolomini a Praga e l'Oratorio di San Bernardino con il suo Ossario. Merlo lavorò anche al Santuario di Caravaggio, a Palazzo Litta e al Santuario di Rho dove eresse la cupola. L'importanza di Merlo è data anche dalla preferenza accordatagli dall'amministrazione asburgica. A più riprese operò come ingegnere della Fabbrica del Duomo di Milano.

<sup>19</sup> Francesco Croce (1696-1773). Agrimensore in origine, dopo aver lavorato con l'ingegner Carlo Francesco Raffagno dell'Ospedale Maggiore, nel 1718 lo sostituì, ultimando nel 1713 la sistemazione dei Sepolcri di S. Michele. Autore per il conte Cesare Monti del palazzo di Porta Tosa, nel 1733 costruì la cappella del Rosario in S. Eustorgio

va aiutato Merlo negli studi preliminari. Croce il 25 maggio del 1764 presentò alla Veneranda Fabbrica una relazione e un modello in legno e cera.

Il progetto di Croce si proponeva da un lato di consentire l'integrazione da un punto di vista estetico della grande guglia nell'impianto goticeggiante del Duomo, dall'altro di essere compatibile con la portanza della cupola, della quale era ragionevole esprimere dubbi non fosse altro che per la sua originalità. La soluzione fu oltremodo brillante e anche avveniristica. La «guglia molto delicata e piena di sforzi» era molto leggera e, cosa fondamentale, forniva poca resistenza ai forti venti che soffiavano alla quota a cui doveva essere posta, riducendo così le sollecitazioni sulla sottostante cupola. La resistenza strutturale della guglia formata da marmo di Ornavasso<sup>20</sup>, era assicurata da una quantità notevole di barre e chiavi in ferro, per cui si è di fronte più che a un'opera in muratura a una struttura mista marmo-ferro.

### 1.2 *L'opposizione al progetto di Francesco Croce*

Come ho già accennato, il progetto di Croce trovò subito grosse opposizioni da parte del circolo degli illuministi milanesi, tra i quali si distinsero Paolo Frisi, Cesare Beccaria<sup>21</sup>, Pietro Verri<sup>22</sup> e Giuseppe Parini<sup>23</sup>. Era tempo di forte contrasto tra la corte austriaca di Maria Teresa e Giuseppe II, co-reggente della Lombardia, e la curia milanese sul controllo dell'educazione di ogni ordine, compresa quella artistica<sup>24</sup>. Lotta che non era solo politica ma coinvolgeva anche concezioni

e nello stesso tempo iniziò un periodo di feconda attività attorno al Duomo. Più tardi ad Abbiategrasso, ricostruì la chiesa di S. Maria Nova. Ancora ad Abbiategrasso costruì l'oratorio del SS. Sacramento, oggi dell'Addolorata. Nei suoi ultimi anni, fedele agli ideali artistici della sua giovinezza, riaccomodò in linee barocche la cattedrale di Lodi, costruì a Milano, a Porta Nuova, la Casa di Correzione che, sostituendo le carceri, fu a lungo considerata come esempio di architettura carceraria non disumana, degna del "secolo dei lumi". Più importante fu il suo contributo alle opere del Duomo di Milano. La sua figura è stata rivalutata negli ultimi anni del secolo XX.

<sup>20</sup> Marmo di buone qualità meccaniche, ma inferiori rispetto a quelle del più compatto marmo di Candoglia usato largamente nel Duomo.

<sup>21</sup> Cesare Bonesana, marchese di Beccaria (1738-1794). Giurista, filosofo, economista e letterato italiano, figura di spicco dell'Illuminismo italiano.

<sup>22</sup> Pietro Verri (1728-1797). Conte, filosofo, economista, storico, scrittore e pubblicista italiano. Tra i fondatori del periodico milanese «Il Caffè» di ispirazione illuminista.

<sup>23</sup> Giuseppe Parini (1729-1799) Abate, poeta, librettista e traduttore italiano. Fu uno dei massimi esponenti del Neoclassicismo e dell'Illuminismo italiani.



ca<sup>24</sup>. Lotta che non era solo politica ma coinvolgeva anche concezioni artistiche. Gli illuministi erano portavoce di un gusto neoclassico mentre la Veneranda Fabbrica, con Francesco Croce, sosteneva lo stile barocchetto<sup>25</sup>. Ecco le opinioni di Verri sul Duomo:

Io non saprei a tal proposito esprimermi tanto bene, quanto ha fatto nell'elogio del Cavaliere il nostro immortale abate Paolo Frisi. Gli architetti fatti allora venire dalla Germania avendo preferita la nativa loro maniera di fabbricare agli ottimi modelli che sino da quei tempi vedevansi nella Toscana, ci lasciarono nella gran fabbrica del nostro duomo un monumento della rozza opulenza piuttosto che del buon gusto. Anzi il nuovo modello imponendo colla sua stessa grandiosità e confondendo le idee delle simmetria, dell'euritmia e del bello, servì piuttosto a retardare fra di noi i progressi della maestosa e nobile architettura<sup>26</sup>,

Stavasi allora per innalzare la guglia, o sia torre fondata sul lanternino della cupola del Duomo di Milano, e questo era il soggetto de' pubblici discorsi. Il nostro Matematico, al quale non era forestiera l'architettura, non potè occultare il sentimento che gli cagionava un sì folto progetto. Mentre non è terminato il pavimento del Duomo, ma in parte è simile a quello d'una stalla; mentre la facciata è fatta per metà, e pel rimanente mostra un rozzo acervo di sassi e mattoni; pensare a profondere una cospicua somma di denaro all'ornamento dell'ultima sommità, era un errore di metodo per lo meno. Egli disse poi, che non senza pericolo potevasi aggiungere un tal peso; che sarebbe stata fulminata facilmente quell'altissima torre; che avrebbe resa deforme la figura della chiesa. Ora ciascun vede ch'egli aveva ragione, oche si sarebbe meglio fatto seguendo il suo parere. Ma allora, per avere cercato co, suoi discorsi d'impedire una deformità veramente ridicola, fu esposto alla personale animosità di alcun ingegnere, e di molti patrizj da colui sedotti<sup>27</sup>.

---

<sup>24</sup> Questa lotta sfocerà nel 1776 nella istituzione dell'Accademia delle belle arti di Brera che sostituirà la Veneranda Fabbrica nella formazione di pittori e scultori.

<sup>25</sup> Stile del tardo barocco, in cui prevale il gusto per la decorazione, arricchita talvolta di motivi esotici.

<sup>26</sup> P. Verri, *Storia di Milano*, Marelli, Milano 1783, vol. 3, pp. 25-26.

<sup>27</sup> P. Verri, *Scritti vari di Pietro Verri*, ordinati da G. Carcano, Le Monnier, Firenze 1854, vol. II, p. 324.

Per coprirsi i fianchi la Veneranda Fabbrica si rivolse a esperti vari per supervisionare il progetto di Croce, principalmente per gli aspetti strutturali ma non solo. Oltre Boscovich furono contattati Giovanni Battista Beccaria<sup>28</sup>, Francesco Maria De Regi<sup>29</sup>, e Francesco Martinez<sup>30</sup>.

---

<sup>28</sup> Giovanni Battista Beccaria (1716-1781). Fisico e astronomo italiano. Il suo nome di battesimo era Francesco Ludovico; il nome giunto sino a noi, Giambattista, ha origini poco note. Sappiamo solamente che quando, ancora giovanissimo, entrò a far parte dell'ordine religioso degli Scolopi, iniziò a utilizzare questo nome per firmare i suoi primi scritti. Durante questo periodo compì studi approfonditi di fisica, orientandosi principalmente sulle nuove teorie e sulle sperimentazioni newtoniane. Passò poi a insegnare nelle scuole del suo ordine a Narni, Urbino, Palermo e Roma. Nel 1748 venne chiamato dal re Carlo Emanuele III a sostituire Francesco Antonio Garro sulla cattedra di fisica sperimentale dell'Università di Torino. Le teorie della fisica moderna, quali l'ottica newtoniana e la meccanica galileiana, incominciarono così finalmente a attecchire anche negli ambienti accademici italiani. Formò una cerchia di seguaci, tra cui Lagrange, i quali più tardi fondarono la "Privata Società Scientifica Torinese" da cui nacque l'Accademia delle Scienze di Torino. Altri suoi allievi furono Gianfrancesco Cigna, il Conte Angelo Saluzzo e scienziati come Alessandro Volta e Luigi Galvani. I suoi interessi scientifici e i suoi studi, in questa fase, riguardarono quasi esclusivamente l'elettrologia. In questo ambito elaborò la teoria "dell'elettricità vendicata", confutata solo successivamente dalle esperienze di Volta. In seguito, si occupò anche di meteorologia e di idraulica. Ebbe un'intensa corrispondenza con Franklin, con il quale condivideva molte idee riguardanti l'elettrologia. In seguito ai suoi studi furono installati dei parafulmini sulla Basilica di San Marco a Venezia, sul Palazzo del Quirinale a Roma. Venne a Milano più volte come consulente per la protezione dai fulmini del Duomo (da E. Proverbio, *Sulle ricerche elettriche di Giovanbattista Beccaria e sui suoi rapporti con Ruggiero Giuseppe Boscovich nelle applicazioni dell'elettricismo naturale e artificiale*, XX congresso SISFA, Napoli, 2000, pp. 231-280).

<sup>29</sup> Francesco Maria De Regi (1720-1794). Barnabita, a ventiquattro anni assunse la cattedra di Matematica, per lui appositamente creata, nella scuola presso il Collegio di S. Alessandro in Milano, annoverando tra i suoi allievi Paolo Frisi. Esperto non solo di analisi matematica ma anche di geometria e trigonometria, de Regi si applicò con passione allo studio dell'idraulica e in particolare delle questioni legate all'irrigazione e ai fiumi.

<sup>30</sup> Francesco Martinez. Architetto nato a Messina, nipote di Filippo Juvarra. Realizzò diverse opere importanti tra cui la chiesa parrocchiale datata 1774, nel piccolo centro piemontese di Albiano d'Ivrea, i lavori di completamento del Castello reale a Moncalieri e la chiesa della Santissima Annunziata sempre a Torino.

Tutti gli esperti espressero parere favorevole al progetto di Croce e la Veneranda Fabbrica poté così dare inizio ai lavori, affidandone l'esecuzione a Croce<sup>31</sup>. I lavori iniziarono nel 1765, con Croce ormai settantenne, e il grosso fu terminato nel 1770 con qualche difficoltà dovuta alla cattiva conduzione dell'impresa appaltatrice. La statua della Madonna fu terminata e posizionata solo nel 1774, un anno dopo al morte di Croce. Essa fu progettata dallo scultore Giuseppe Perego sotto la supervisione dello stesso Croce e realizzata dall'orafo Giuseppe Bini con 33 lastre di rame dorato, fissate a una ossatura di ferro.

La guglia presentò presto problemi di manutenzione, dovuti in parte alla sua natura in parte alla mediocre esecuzione dei lavori e necessità di un radicale restauro di tipo conservativo a opera di Ambrogio Nava<sup>32</sup> nel 1844, che si oppose alla sua sostituzione con una nuova guglia, secondo quanto proposto dall'allora ingegnere della Veneranda Fabbrica. In tempi moderni, a partire dal 1962 tutti gli elementi di ferro della grande guglia e della Madonnina sono stati sostituiti con elementi corrispondenti in acciaio inossidabile.

Da segnalare una certa anomalia storiografica. Leggendo i vari documenti della storia del Duomo di Milano sembra quasi che la Veneranda Fabbrica e l'intelligenza milanese si fossero allora vergognate della loro guglia. Ne sono sintomi inequivocabili la mesta cerimonia di inaugurazione della Madonnina e il relativo mistero mantenuto sulla costruzione della guglia, di cui si è evitato di pubblicizzare la data di costruzione e il progettista<sup>33</sup>.

---

<sup>31</sup> La scesa in campo di Boscovich spiazzò un po' il partito degli illuministi e mise in difficoltà Frisi. Questi avrebbe evitato volentieri di giungere a un confronto con Boscovich cosa che non era gradita né ai fratelli Verri, con i quali negli ultimi mesi del 1764 Boscovich aveva iniziato una collaborazione sulle pagine del «Caffè», né al governo che auspicava una stretta collaborazione fra le cattedre di Pavia e Milano nel quadro di un risveglio scientifico in Lombardia. Ma Frisi non riuscì a celare la sua acredine nei riguardi dell'avversario più anziano e più illustre, sentimento questo che sarebbe divenuto di pubblico dominio dopo la svolta antigesuitica di Vienna e i viaggi da lui compiuti a Parigi e nella capitale asburgica tra il 1766 e il 1768. Da parte sua Boscovich, con il suo carattere irascibile e estremamente permaloso quando si trattava di veder messo in discussione il suo primato scientifico, non rimase certamente indifferente alle schermaglie di Frisi.

<sup>32</sup> Architetto, consigliere della Veneranda Fabbrica. Cfr. A. Nava, *Relazione dei restauri intrapresi alla gran guglia del duomo di Milano nell'anno 1844 ed ultimati nella primavera del corrente 1845*, cit.

<sup>33</sup> Ancora oggi qualche studioso mette in dubbio la paternità di Croce, motivando il parere sulla base dell'assenza dei disegni originali.

Recentemente Marco Castelli ha scritto un libro sull'argomento<sup>34</sup> e si è fatto promotore di un convegno tenutosi a Milano nel 2009<sup>35</sup>.

### 1.3 *Gli altri pareri*

Oltre quello di Boscovich la Veneranda Fabbrica chiese pareri a altri esperti tra cui il barnabita Francesco De Regi lettore di matematica presso il Collegio barnabita di S. Alessandro, già collaboratore di Merlo; Francesco Martinez architetto presso la corte del re di Sardegna e infine lo scolaro Giovanni Battista Beccaria professore di fisica sperimentale presso l'università di Torino. Questi pareri, che testimoniano la cautela della Veneranda Fabbrica nel dare il via libera alla costruzione della grande guglia sono riportati nella relazione che Ambrogio Nava preparò per il restauro della guglia nel 1848<sup>36</sup>.

Francesco Martinez consegnò la sua relazione per ultimo, il 13 maggio 1765. La relazione che si riallaccia a quelle di Boscovich e De Regi, è molto stringata e sarebbe potuta essere una specie di supervisione se Martinez avesse avuto una maggiore autorità. Forse questo era l'obiettivo della Veneranda Fabbrica che aveva inizialmente pensato di chiedere un parere al più prestigioso Benedetto Alfieri, anche esso architetto del re di Sardegna, che però aveva declinato l'invito. La perizia di Beccaria riguardava la pericolosità dei fulmini, problema prospettato da Frisi. Beccaria non negava l'esistenza del problema; non lo esasperava però e sosteneva che non fosse molto difficile proteggerse, bastava utilizzare un parafulmini.

#### 1.3.1 La relazione di De Regi

La relazione di De Regi è quella di un matematico abbastanza al corrente delle "moderne" tecniche di analisi strutturale. De Regi, seguendo anche il dettato della committenza, divide l'analisi di resistenza in tre parti: quella della guglia in se stessa, quella della cupola soggetta al carico della guglia ma considerando fisse le colonne; infine quella delle colonne.

---

<sup>34</sup> M. Castelli, *Il caso Croce. Un delitto mediatico all'ombra della Madonnina*, Ares, Milano 2009.

<sup>35</sup> *La gran guglia del duomo di Milano e il caso Croce*, Giornata di studi tenutasi presso il Museo del Duomo, Milano, 28 ottobre 2009. Si veda in particolare l'intervento di L. Corradi Dell'Acqua e M. Calvi, *La gran Guglia come opera d'ingegneria*.

<sup>36</sup> I pareri sono riportati anche nella recente pubblicazione: *...e il Duomo toccò il cielo. I disegni per il completamento della facciata e l'invenzione della guglia maggiore tra conformità gotica e razionalismo matematico*, a cura di E. Brivio e F. Repishti, Skira, Milano 2003.

Dedica un largo spazio alla prima parte, con un approccio un po' pedantesco, quando Boscovich se la cava con poche, forse troppo poche, righe. In particolare De Regi effettua dei calcoli per stimare l'effetto delle azioni orizzontali del vento, mentre Boscovich non lo fa.

Nell'analisi della resistenza della cupola De Regi è certamente meno originale di Boscovich, ma più prudente, anche se in alcune parti il suo giudizio appare poco convincente. Egli fa riferimento a Belidor<sup>37</sup>, e quindi a La Hire, i quali ammettono che l'arco si fessuri in tre conci con il concio centrale che scorre senza attrito lungo un piano a 45°. In questo si discosta da Boscovich che nega ogni possibilità di rottura intermedia dell'arco. I suoi calcoli, considerando il peso della gran guglia ma non quello di alcune guglie minori non ancora posizionate, indicano che i momenti resistenti, intesi in senso moderno, e quelli ribaltanti stanno tra loro nel rapporto di 7 a 2 e quindi c'è un ampio margine di sicurezza.

Successivamente De Regi passa a verificare la resistenza dei pilastri considerandoli come parti integranti dell'arco comportandosi diversamente da Boscovich che aveva evitato di controllare la resistenza dei pilastri contando sull'azione di controvento del solaio a livello del terrazzo.

Nella sua analisi propone una variante all'approccio alla Belidor che tenga conto del fatto che si sta lavorando con archi gotici non con archi romani. In particolare la linea di rottura dell'arco viene presa un po' più in alto, a 2/3 invece che a metà. La pendenza del taglio lungo cui dovrebbero scorrere le due parti dell'arco non è quella della linea di separazione dei conci, ma determinata con qualche analogia, risulta inferiore (dai disegni allegati da De Regi sembrerebbe 30° dall'orizzontale).

La cosa che convince meno nella relazione di De Regi è che questa variante è introdotta a posteriori, dopo che egli ha constatato che con l'approccio usuale di Belidor la verifica di resistenza sarebbe negativa. Non solo rispetto all'aggiunta della gran guglia, ma anche senza.

Ma se io volessi proseguire a calcolare queste resistenze e questi sforzi seguendo i principi senza alcuna variazione additatomi da monsieur Belidor e da me usati nel calcolo precedentemente fatto, con tutta ingenuità, confesso, che dovrei persuadere alle signorie vostre illustrissime non solo essere impossibile l'innalzamento della guglia sopra la cupola, ma essere del tutto insussistente la cupola medesima già fatta per mancanza di sufficienti sostegni: il che non mi verrebbe fatto buono, opponendosi alla mia asserzione l'esperienza d'una ben lunga serie d'anni, la quale ci fa vedere, che questa fabbrica forte ed intatta si mantiene.

---

<sup>37</sup> B.F. de Belidor, *La science des ingenieurs dans la conduite des travaux de fortification et d'architecture civile*, Henri Scheurleer, La Haye 1734.

Il sopralodato autore, qualunque siasi la volta o romana, o in pieno centro, o elitica, o piana, o gotica, ossia in terzo acuto, vuole che la metà d'essa più discosta da sostegni debba considerarsi come un cuneo, il quale col suo peso operi per insinuarsi tra le due parti, che sono immediatamente appoggiate su dei piedi dritti e con questi collegate, sicché formino anch'esse piede dritto e tenda affiancare ed abbattere tanto quest'altra metà di volta quanto i sostegni sottoposti. Niente io ripugno a questa ipotesi, anzi giusta ed opportuna in pratica la giudico per computare gli sforzi di tutte le altre volte, ma per calcolare lo sforzo di una volta gotica particolarmente acuta solita, come sono le volte del Duomo stimo eccedente il determinare la metà della volta come sforzo e mancante dal giusto lo stabilire l'altra metà per piedritto<sup>38</sup>.

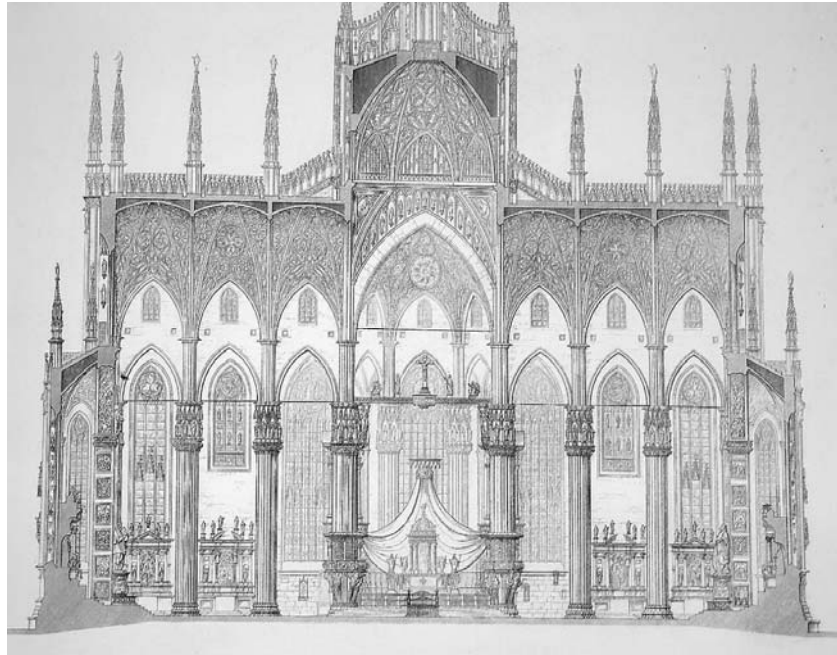
L'imbarazzo del lettore prosegue quando De Regi afferma di non avere tempo per effettuare una verifica accurata e quindi riporta dei calcoli di massima. Da essi si vede che I momenti ribaltanti sostanzialmente equivalgono quelli resistenti, se non si considerano le catene, le quali da sole quindi assicurerebbero la resistenza dell'intera opera.

## 2. *La geometria del tiburio*

Il Duomo ha una pianta a croce latina, con piedicroce a cinque navate e transetto a tre e un profondo presbiterio circondato da deambulatorio con abside poligonale. All'incrocio dei bracci si alza, come di consueto, il tiburio. L'insieme ha un notevole slancio verticale, caratteristica più transalpina che italiana, ma questo viene in parte attenuato dalla dilatazione in orizzontale dello spazio e dalla scarsa differenza di altezza tra le navate, tipico del gotico lombardo. La struttura portante è composta dai piloni e dai muri perimetrali rinforzati da contrafforti, in forma di triangoli, all'altezza dei piloni. Questa è una caratteristica che differenzia il duomo milanese dalle cattedrali transalpine, limitando, rispetto al gotico tradizionale, l'apertura dei finestroni (lungi e stretti) e dando all'insieme (a eccezione dell'abside) una forma prevalentemente "chiusa", dove la parete è innanzitutto un elemento di forte demarcazione, sottolineata anche dall'alto zoccolo di tradizione lombarda. Guglie e pinnacoli non hanno una funzione stabilizzante essenziale, infatti vennero sporadicamente aggiunti nel corso dei secoli, fino al completamento del coronamento nel XIX secolo.

---

<sup>38</sup> A. Nava, *Relazione dei restauri intrapresi alla gran guglia del duomo di Milano nell'anno 1844 ed ultimati nella primavera del corrente 1845*, cit., pp. 74-75.



**Figura 2.1** Sezione trasversale del Duomo in corrispondenza del tiburio.

Il basamento è in muratura, come pure le parti interne delle pareti e degli altri elementi, mentre nei pilastri è stata usata un'anima di serizzo<sup>39</sup>; anche le vele delle volte sono in mattoni. Il paramento a vista, che ha anche un ruolo portante, non solo di rivestimento, è invece in marmo di Candoglia<sup>40</sup> bianco rosato con venature grigie.

Le pareti esterne sono animate da una fitta massa di semipilastri polistili che sono coronati in alto, al di sotto delle terrazze, da un ricamo di archi polilobati sormontati da cuspidi. Le finestre ad arco acuto sono piuttosto strette, poiché come si è detto le pareti hanno funzione portante. La copertura a terrazze è un *unicuum* nell'architettura.

<sup>39</sup> Il serizzo è una roccia ignea intrusiva simile al granito (che talvolta è chiamato con tale nome), di colore grigio scuro e grana uniforme. Le sue eccellenti caratteristiche meccaniche e l'ampia disponibilità in tutto il territorio comasco, della Brianza dell'Ossola la rendono una roccia di largo impiego.

<sup>40</sup> Marmo di colore bianco/rosa o grigio molto compatto e duro che viene estratto nelle cave di Candoglia nel comune di Mergozzo in Val d'Ossola.

ra gotica, ed è sorretta da un doppio ordine incrociato di volte minori. In corrispondenza dei pilastri si levano i pinnacoli, collegati tra di loro da archi rampanti. Queste sono le principali misure: superficie coperta 11.700 metri quadrati, altezza della Madonna dal suolo 108,50 metri, altezza della facciata 56,50 metri, altezza della navata maggiore 46,8 metri, lunghezza esterna 158 metri, lunghezza interna 148 metri, lunghezza interna delle cinque navate 57,60 metri, larghezza esterna 93 metri, larghezza interna 66 metri, numero piloni interni 42, numero delle guglie 135, numero delle statue 3.400 circa di cui esterne 2.300 circa, numero finestroni 164, altezza finestroni dell'abside 24 metri, superficie delle vetrate 1.700 metri quadrati<sup>41</sup>.

Nel seguito è riportata una descrizione abbastanza dettagliata delle componenti strutturali dell'intero Duomo tratta da fonti di archivio:

Il secondo punto che riguarda la fermezza della Guglia considerata colla solidità di tutto il grandioso Tempio del Duomo, egli è un punto più importante di questo affare, e che merita le più serie riflessioni e i più distinti e minuti scandagli ma per abilitarsi a parlare della sua fermezza con fondamento è duopo esaminare almeno le principali parti della sua struttura. I sostegni su de' quali s'erge questa gran fabbrica d'ordine gotico, larga novantasei braccia e lunga duecento quaranta cinque in circa, vengono formati di quattro ordini di colonne nell'asta dell'ingresso sino alla Cupola, da sei ordini di colonne nell'asta che forma la croce, da quattro ordini di colonne per una porzione verso le sagrestie da due ordini di colonne poste in proporzione di circonferenza al coro, e dappertutto da due ordini di contrafforti uniti, e da mezze colonne che rinforzano il muro il quale cinge tutto il Tempio. *Le colonne hanno tutte braccia quattro di diametro, eccettuate le quattro che sostengono immediatamente la Cupola le quali sono di braccia cinque* [il corsivo è mio]. I contrafforti sono lunghi braccia quattro e larghi sei, esclusa la base delle mezze colonne. Dalla prima colonna dopo l'ingresso sino alle ultime avanti che cominci la croce sono distanti l'una dall'altra per dieci braccia circa. I quattro contrafforti ne' quali vi sono le scale poste agli angoli salienti della croce sono di molta maggiore dimensione dei già detti, potendo avere questi di base dedotto il vuoto delle scale in circa braccia sessanta quadrate, un braccio quasi di più di lunghezza dei primi enunciati contrafforti laterali alle due cappelle della croce. I contrafforti quasi dirimpetto all'ingresso delle sagrestie sono eguali a'primi, quelli agli angoli salienti delle sagrestie ne' quali vi sono le scale a chiocciola hanno incirca, non computato il vano

---

<sup>41</sup> I dati sono in parte tratti da: *Duomo di Milano rappresentato in sessanta tavole e illustrato da cenni storici e descrittivi*, Pietro e Giuseppe Vallardi, Milano 1863.



delle scale, braccia quadrate trentasei di base. I quattro contrafforti finalmente posti agli altri due angoli salienti delle sagristie e dietro al coro possono essere incirca di ventisette o ventotto braccia quadrate di base, ma la distanza tra i contrafforti degli angoli salienti e quelli dietro al coro è di ventitrè braccia incirca, e la distanza fra questi ultimi è di braccia ventisette.

Le colonne e le mezze colonne unite a contrafforti nelle navi minori, presa la distanza da' centri delle basi e le colonne tra loro, considerate a quattro a quattro, formano dei perfetti quadrati, se si eccettuano i cinque spazi posteriori del Tempio dopo l'ingresso d'una sagrestia fino all'ingresso dell'altra i quali sono cinque trapezzi o cinque quadrilateri irregolari.

Le colonne e le mezze colonne delle navi medesime, prese ancora a nove a nove, formano degli altri perfetti quadrati sino al soprannotato sito dei due ingressi nelle sagrestie.

Nella nave maggiore le colonne e le mezze colonne unite a contrafforti, computate le distanze da' centri alle basi e le colonne prese di quattro in quattro, fanno dei rettangoli doppi di quadrato in cui sono riposte le quattro colonne delle navi laterali, escluse quelle colonne che formano la curvità del coro, e le medesime colonne prese a sei a sei fanno dei quadrati eguali a quelli composti dalle mezze ed intiere colonne delle navi laterali in numero di nove.

Le quattro colonne, che superiormente abbiamo detto di cinque braccia di diametro, poste alle intersezioni delle due aste della croce assumendo le distanze dal centro della base d'una colonna al centro della base dell'altra formano anch'esse un quadrato, il lato del quale è in circa di trentadue braccia [19 metri]. Questo quadrato ritagliato in un ottagono ci dà la pianta della Cupola. In questa pianta adunque ottagonale s'innalza la Cupola parimenti ottagonale. Essa è composta di otto costoloni di marmo che fanno la maggior forza tanto per serrare la *volta di pietre cotte* [il corsivo è mio] intermedia tra l'uno e l'altro costolone di nove onces in circa di grossezza [45 centimetri], quanto per sostenere il peso, di ciò che evvi superiormente di fabbricato. Su del cerchio di braccia cinque e mezzo [3,27 metri] in circa di diametro tra pieno e vuoto, che forma la serraglia degli otto costoloni e di tutta la volta della Cupola s'alzano perpendicolarmente otto pilastri, che formano il Lanternino alto quattordici braccia [8,33 metri] e sostengono la sua volta, e sul vivo di questi otto pilastri deve sollevarsi la gran Guglia in questione di quarantanove braccia in circa d'altezza [29 metri]. La Cupola è tutta rinchiusa nel tamburro che la circonda, da cui non si solleva che per due braccia e mezzo in circa. Il tamburro è alto braccia ventitrè [13,7 metri] ed è composto di otto pilastri di marmo agli otto angoli grossi braccia tre [1,8 metri], compreso lo sporto ed un muro grosso

due braccia [1,2 metri], parimenti per la più parte composto di marmo. S'appoggiano tanto la Cupola quanto il tamburro sopra di quattro grandi archi gotici portati da quattro colonne principali un po' superiormente alla terza parte di essi presa questa dalla pianta degli archi medesimi. Posteriormente ai quattro archi gotici vi sono quattro altri archi romani collegati coi primi, su de' quali si appoggia qualche piccola parte de' pilastri del tamburro e l'andata per cui si va intorno allo stesso. L'altezza delle colonne delle navi minori è di braccia quaranta, e di braccia cinquantatré in circa l'altezza di quelle della nave principale. I mezzi archi che formano l'arco intero sono quasi tutti a tutta monta, cioè tali che vengono descritti con un raggio eguale alla distanza che evvi tra il vivo delle due colonne, ed è ciascuno di gr. [gradi] sessanta.

Il numero delle chiavi e catene ordinate a tener' unite le patti di questo gran Tempio egli è prodigioso; imperocchè queste passano da un contrafforto all'altro e da una colonna all'altra, preso il tutto secondo la lunghezza, d' indi attraversando dai contrafforti alle colonne e da queste ai contrafforti considerata ogni cosa secondo la larghezza, altre molte ve ne sono che legano quelle volte che sono di maggior dimensione, sicchè può dirsi, che queste catene facciano una assai spessa ferriata sono elleno ancora di una grossezza straordinaria.

La Cupola anch'essa è circondata da due ordini di catene le quali restano vicendevolmente connesse mediante altre catene, che si incrocchiano, e dall' ordine inferiore delle chiavi passano ad unirsi al superiore. È ritenuto da due giri di catene ancora il Tamburro ed il Lanterino.

I principali ornamenti, che meritano d'essere considerati nel maestoso ed ornatissimo Tempio del Duomo, si riducono a due e sono questi le grandi Guglie, che in parte sono alzate ed in parte debbono alzarsi. Su d'ogni contrafforte e su d'ogni colonna, siccome ancora sul mezzo della volta d'ogni spazio della nave maggiore, e certi muri di assai considerabile grossezza ed esteriormente bene ornati, che hanno ivi suo principio su de' contrafforti e vanno ad appoggiarsi all'arco della terza<sup>42</sup>.

---

<sup>42</sup> F.M. De Regi, «Sentimento sulla nuova guglia per la cima della cupola del Duomo di Milano», in A. Nava, *Relazione dei restauri intrapresi alla gran guglia del duomo di Milano nell'anno 1844 ed ultimati nella primavera del corrente 1845*, Valentini, Milano 1845, pp. 68-69.

### 2.1 Il Tiburio

Secondo le definizioni tradizionali il tiburio è un elemento architettonico che racchiude al suo interno una cupola. Può assumere forma cilindrica o prismatica, a seconda se la cupola ha pianta circolare o poligonale. Generalmente è costituito da un tetto a spioventi chiuso in sommità da una lanterna. È tipico dell'architettura bizantina e romanica. Nel seguito userò questo termine anche per indicare tutto il complesso di opere, piloni, cupola, tiburio propriamente detto, lanterna e guglia. Sarà il contesto a precisare il significato. Per quanto riguarda le vicende della sua progettazione e costruzione rimando al § 1 e alla letteratura<sup>43</sup>.

Il tiburio e la cupola poggiano su quattro grandi piloni situati all'incrocio tra la navata centrale e il transetto come risulta dalla pianta del duomo della Figura 2.2.

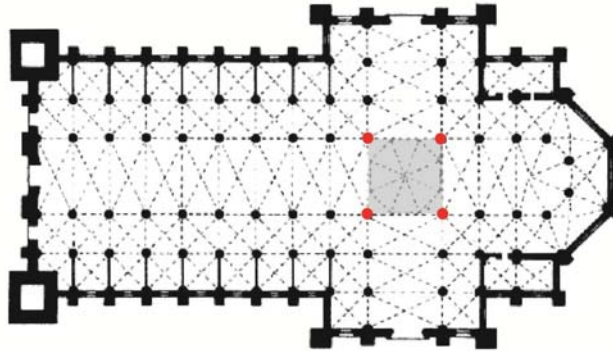


Figura 2.2 Pianta del Duomo con i piloni del tiburio.

I pilastri circolari che sorreggono la cupola hanno di circa 3 metri di diametro<sup>44</sup> sono alti un po' più di 30 metri. Dall'esterno si vedono quattro archi gotici in conci di marmo che si impostano da pilastro a pilastro, con uno spessore di un metro circa, una luce di 16,5 metri e una altezza interna di 14 metri circa. I mezzi archi che formano l'arco intero sono a tutta monta, cioè tali che vengono descritti con un raggio eguale alla distanza che c'è tra le due colonne. Questi archi non hanno però funzione statica. Essi furono infatti giudicati inadatti a resistere il peso della cupola e del cupolino dall'architetto Guinforte Solari<sup>45</sup> che li affiancò con quattro robusti archi a

<sup>43</sup> Cfr. *...e il Duomo toccò il cielo*, cit..

<sup>44</sup> Gli altri pilastri del Duomo hanno un diametro un po' più piccolo, pari a circa 2,4 metri.

<sup>45</sup> Guiniforte (o Boniforte) Solari (o de Solario, 1429 circa – 1481 circa) è stato uno scultore, architetto e ingegnere italiano. Figlio di Giovanni, fratello di Francesco Solari, in-

tutto sesto in serizzo, i quali si impostano circa 8 metri più in alto rispetto agli archi gotici. La Figura 2.3 che riporta una sezione del tiburio e della cupola chiarisce la posizione e il ruolo di tali archi<sup>46</sup>.

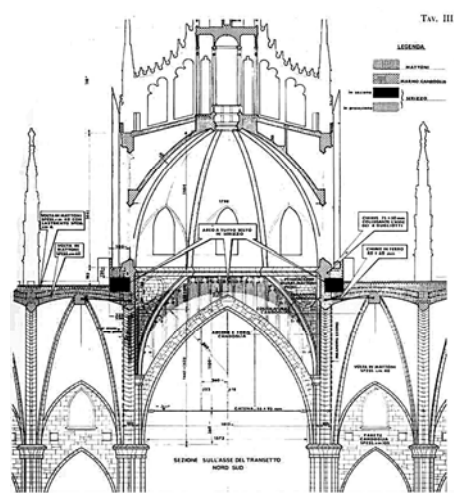
La soluzione adottata da Solari era obbligata se non si volevano demolire e ricostruire gli archi gotici preesistenti. Essa comunque rifletteva anche la tradizione co-

---

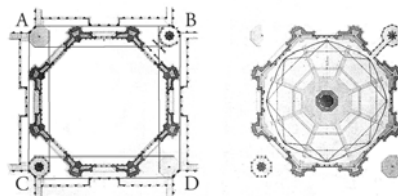
egnere capo del Duomo di Milano. Fu ingegnere capo del Ducato di Milano nel XV secolo. Come architetto gli si attribuisce il progetto e l'erezione della Cappella Portinari in Sant'Eustorgio. Della Certosa di Pavia è sicuramente il progettista di tutta l'imponente parte absidale, che col suo gioco articolato della masse annuncia un linguaggio non più gotico, ma decisamente rinascimentale, con ogni probabilità acquisito frequentando personalità di primo piano quali Masolino da Panicale a Castiglione Olona e Vincenzo Foppa a Milano. Celebri i suoi contrasti con Filarete, chiamato da Francesco Sforza per rimodernare l'architettura lombarda secondo le novità dell'Umanesimo fiorentino. Solari rappresentava la tradizione gotica locale e la perizia costruttiva degli ingegneri lombardi, tuttavia capaci di adattarsi al nuovo gusto toscano richiesto da una committenza attenta ai portati dell'età classica. In questo senso la corte sforzesca sarà un punto di ritrovo per molti umanisti che contribuiranno con le loro profonde conoscenze dei testi e dei trattati nelle più svariate discipline artistiche a dare un volto nuovo alla capitale ducale. L'edificazione dell'Ospedale Maggiore (Ca' Granda) è dovuta al progetto del Filarete, ma è realizzata da maestranze dirette da Guiniforte che si occuperà anche della progettazione del rinnovo della chiesa di San Pietro in Gessate. I suoi progetti per la cupola e il tiburio del Duomo di Milano saranno realizzati dall'Amadeo, suo allievo e genero. Rispettando i canoni della tradizione e della committenza progetta il convento, terminato nel 1469, e la chiesa di Santa Maria delle Grazie, terminata nel 1482. Il 2 ottobre 1469, sopravvenuto il decesso del fratello Francesco, ingegnere ducale, il duca scrive ai maestri delle entrate straordinarie, approvando la sua candidatura in sostituzione del fratello. In quello stesso anno, in società col fratello Francesco e con Martino Benzoni era stato coinvolto nel progetto della Cappella Colleoni, tuttavia la scomparsa prematura di Francesco lo determina ad assegnare il compito al giovane scultore ed architetto Giovanni Antonio Amadeo (F. Malaguzzi Valeri, *I Solari, architetti e scultori del X secolo*, «Italienische Forschungen des Kunsthistorisches Institut in Florenz», 1, 1906, pp. 76-111).

<sup>46</sup> Va detto che né Boscovich, né De Regi, né Croce presero in considerazione la presenza di questi archi. O meglio, De Regi ne registra la presenza però non gli attribuisce una funzione statica rilevante, limitandosi a dire «Posteriormente ai quattro archi gotici vi sono quattro altri archi romani collegati coi primi, su de' quali si appoggia qualche piccola parte de' pilastri del tamburro». Anche Croce non sembra comprendere la funzione statica degli archi romani, la cui presenza gli doveva pur essere nota essendo l'architetto della Fabbrica del Duomo. Qualche dubbio può venire che gli archi romani fossero sconosciuti anche all'ing. Merlo, predecessore di Croce alla Fabbrica, che aveva fatto un primo progetto.

struttiva romanica trasferitasi nel gotico lombardo. La costruzione degli archi a tutto sesto, con le forti spinte associate, ebbe come effetto immediato, già prima della costruzione della cupola, la rottura delle catene che collegavano i pilastri (vedi la Figura 2.3), con la loro inclinazione verso l'esterno di 11 centimetri secondo la diagonale del quadrato su cui si imposta la cupola<sup>47</sup>.



**Figura 2.3** Sezione trasversale in corrispondenza del tiburio e della cupola.



**Figura 2.4** Piano di imposta della cupola (a sinistra) e vista da sopra (a destra)<sup>48</sup>

Dalla Figura 2.4 a sinistra si vede come gli archi gotici della cupola si appoggino

<sup>47</sup> C. Ferrari da Passano, *La guglia maggiore*, in *...e il Duomo toccò il cielo*, cit., p. 136.

<sup>48</sup> G. Stolfi, *La costruzione della guglia maggiore e il consulto dei matematici*, in: *... e il Duomo toccò il cielo*, cit., p. 166.

sui muri AB, BC, CD, CA, retti dagli archi a tutto sesto che uniscono i quattro pilastri di angolo e pertanto nessuno di essi è in falso. Le vele della cupola, invece, si appoggiano alcune sui muri AB, BC, CD, CA, altre sono sorrette da pennacchi (quelle inclinate nella Figura 2.4). Gli archi della cupola sono formati da conci di marmo di Candoglia spessi circa 70 centimetri<sup>49</sup>, tagliati in modo che le superfici dei conci convergano verso i centri degli archi. In questo modo la faccia del concio di chiave ha un'inclinazione sull'orizzontale di circa 50°. Gli archi terminano in un grosso anello di marmo circolare (la serraglia) su cui si imposta il tamburo del cupolino. La cupola è chiusa da otto vele in cotto divise ciascuna in due parti simmetriche che formano uno spigolo in corrispondenza del piano di divisione. Le vele sono forate da finestroni a volta gotica dell'altezza di circa 6 metri.

In corrispondenza di ciascun vertice dell'ottagono formato dall'imposta degli archi della cupola si innalzano delle masse murarie, o pilastri di 1,8 metri di lato, da cui partono i muri del tiburio, spessi 1,2 metri, aperti da larghe finestre (vedi la Figura 2.4 a destra). I pilastri hanno una qualche funzione di contrafforte. Delimitati da questi pilastri e dagli archi di marmo vi sono dei muri forati da piccole aperture. Essi insieme agli archi della cupola formano dei "costoloni". Sui costoloni appoggia la voltina di copertura del tiburio, leggermente inclinata, come appare dalla Figura 2.3. La Figura 2.5 illustra una veduta esterna del tiburio, completato dalla grande guglia dal quale traspare la rilevanza dei finestroni. Sull'anello di marmo, di circa 3 metri di diametro, che forma la serraglia della cupola si innalza il cupolino. Esso è formato da un giro interno di otto pilastri alti circa 8 metri che delimitano due a due dei finestroni stretti e alti, come si vede dalla Figura 2.6. Vi è poi un giro esterno di pilastri uniti in sommità a quelli interni attraverso degli archetti. Sugli otto pilastri interni posa una specie di grande cappello fatto di blocchi di marmo tagliati in modo che dall'interno danno l'impressione di una cupola. Su questo cappello, che poi è stato allargato a formare un belvedere si appoggia la Guglia Maggiore.

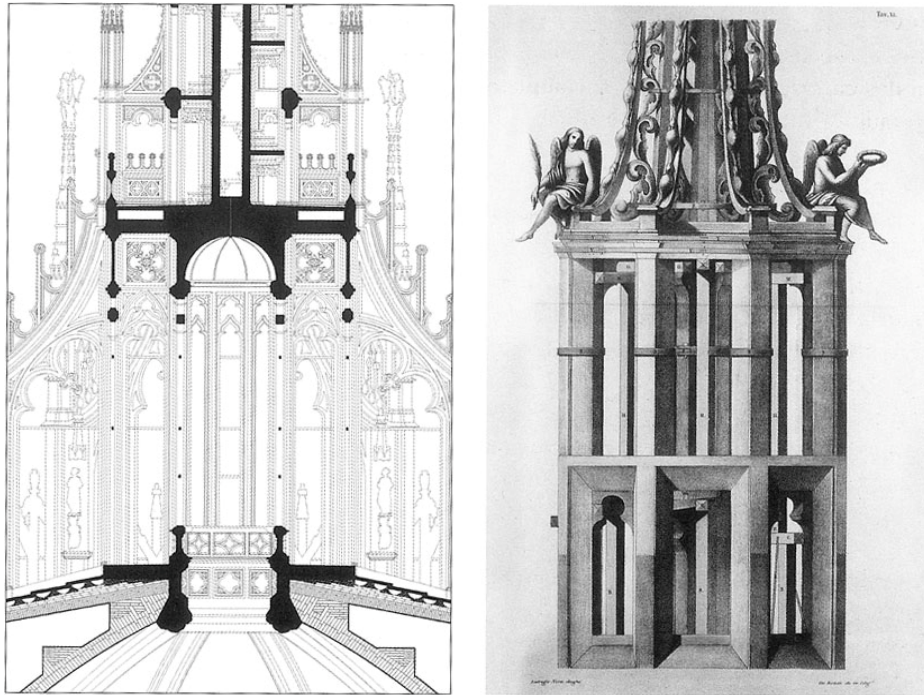
---

<sup>49</sup> Misura rilevata dal disegno.



**Figura 2.5** Veduta esterna del tiburio.

La Guglia Maggiore che si innalza per un'altezza di circa 29 metri è formata in due parti. La parte inferiore, alta circa 20 metri, è cilindrica, la superiore, alta circa 9 metri, è a forma piramidale. Si tratta di una torre ottagonale formata da otto pilastri distaccati tra loro e da un'anima centrale forata in mezzo. Questi pilastri e l'anima centrale sono uniti con scalini di una scala a chiocciola che porta a un secondo belvedere sito alla quota di imposta della parte piramidale. Il tutto è collegato con chiodi di ferro che secondo Nava superano le 4 tonnellate di peso. Sopra la guglia si innalza per 4 metri la Madonnina.



**Figura 2.6** Sezione della lanterna e porzione della Guglia maggiore.

### 3. *Commento alla relazione di Boscovich*

Boscovich comincia la sua relazione riportando brevemente le motivazioni della sua indagine e precisamente che:

esponga il mio sentimento intorno alla solidità della medesima Guglia si presa in sé stessa che rispetto al restante del Tempio, avendo l'Architetto medesimo desiderato che prima di dar mano all'opera si sentissero le riflessioni di varj Matematici e Periti.

La metodologia seguita da Boscovich per il Duomo di Milano è solo in parte simile a quella seguita per la cupola di San Pietro. Differisce da un punto di vista teorico, in quanto qui non si tratta di fare il punto sullo stato di danneggiamento ma piuttosto di valutare la risposta strutturale a un nuovo carico. Differisce da un punto di vista metodologico, perché, siccome la struttura non sembra aver subito danni, la fase di



analisi dei dati da parte di Boscovich è piuttosto veloce, mentre nel caso della cupola di San Pietro era forse la parte più impegnativa.

Parla di alcuni sopralluoghi effettuati per verificare gli eventuali danni e per prendere delle misure, lavorando a contatto con l'architetto del Duomo e progettista della Grande Guglia, Francesco Croce.

Nei paragrafi da 3 a 6 descrive la metodologia seguita, parlando però in modo generale come se si trattasse di redigere un trattato di architettura, riportando considerazioni valide anche per altre situazioni strutturali. In particolare:

a) I pesi vanno dedotti dai volumi desunti dai disegni e dai pesi specifici determinati sperimentalmente. Nel caso particolare del Duomo si è di fronte essenzialmente a due tipi di materiale, il marmo di Candoglia, una pietra molto dura e pesante (massa specifica  $2,91 \text{ t/m}^3$ ) e la muratura (massa specifica  $2,18 \text{ t/m}^3$ ).

3. Dalle misure sono passato ai calcoli numerici per avere la mole delle parti, indi al peso, supponendo quello di che lo stesso signor Architetto mi ha assicurato, cioè che un braccio cubo di quel marmo, che si adoperava per questa mole, pesa ottocento libbre grosse di ventotto once l'una, e lo stesso di muro fatto di calce e mattoni di questi paesi ne pesa seicento. Su questo dato ho calcolato il peso assoluto di ciascuna di dette parti.

b) La resistenza delle catene che cerchiano la cupola va valutata facendo riferimento alla tensione di rottura e alla sezione trasversale effettiva.

c) La verifica strutturale è basata sul principio di lavori virtuali che richiede l'individuazione degli eventuali meccanismi di rottura per il calcolo dei lavori virtuali, cui Boscovich si riferisce con il termine di momenti. Nel calcolo del momento delle catene Boscovich fa riferimento al teorema secondo cui il momento massimo di una catena circolare va calcolato considerando una forza pari a  $2\pi$  il valore di rottura a trazione. Qui attribuisce a sé la paternità del teorema che era stata considerata collettiva nel Parere espresso per la cupola di San Pietro nel 1743.

5. Dalle forze assolute sono ito avanti alle teorie ed ho considerati i movimenti, che ho saputo immaginare, e che si sogliono ritrovare nelle fabbriche nelle quali le resistenze sono inferiori alle forze spingenti e prementi, per vedere se essi abbiano a credersi possibile, e se le resistenze, essendo superiori alle suddette forze, non lascino luogo ad alcun timore ragionevole. Relativamente a questi movimenti ho considerato quelli che i Meccanici chiamano momenti delle forze, e i quali dipendono dalle stesse forze assolute, e dalla maniera in cui sono impiegate, e per determinarli ho adoperato quel principio, che è tanto conosciuto, e che è il fondamento di tutta la meccanica applicata alle macchine, che

una forza esercita un conato tanto maggiore, quanto sarebbe maggiore la velocità del suo moto iniziale secondo la sua direzione, se vincesse, o contro di essa se fosse vinta onde si ricavano i movimenti moltiplicando le forze assolute per quelle lineette, che esprimono queste iniziali velocità. Quindi mi è convenuto adoperare la Geometria per determinare la relazione che passa fra esse lineette, ma ho procurato di adoperarla all'atto elementare e pianissima.

6. Mi sono ancora servito di qualche parte delle ricerche, che io avea già fatte vent'anni addietro sulla gran Cupola di S. Pietro in Roma, e principalmente dalla teoria che mi condusse a conoscere la forza con cui un cerchio di ferro spinto in fuori da forza applicata perpendicolarmente in tutti i suoi punti, resiste, trovandola maggiore di quella che sarebbe la stessa spranga di ferro tirata direttamente nella direzione della sua lunghezza un poco più che a sei doppi, cioè in proporzione della circonferenza del circolo al raggio.

Nel paragrafo 7 passa a descrivere le principali analogie e differenze tra la struttura della cupola del duomo di Milano e di quella della basilica di San Pietro. L'analogia maggiore riguarda il comportamento statico generale affidato a nervature nelle due cupole<sup>50</sup> e dalla presenza in entrambe di una lanterna o cupolino. La differenza più "essenziale" è l'assenza nella cupola del Duomo di un tamburo, anche se a guardarla di fuori sembra che lo abbia, perché circondata dai muri del tiburio. La cupola imposta alla quota delle volte superiori che coprono l'intero Duomo oltre il tiburio formando un solaio rigido nel piano, secondo quanto illustrato dalla Figura 2.1. Un'altra differenza Boscovich la trova nel materiale da costruzione delle nervature. Nel Duomo esse sono di marmo di Candoglia, un marmo molto duro, nella cupola di San Pietro in muratura. Questo fatto ha influenza nel cinematico di rottura perché nel Duomo rende possibile la rotazione dei costoloni attorno al loro spigolo più esterno senza che esso si sgretoli, mentre nella cupola di San Pietro a causa della compressione della muratura la rotazione si trasformava di fatto in uno scorrimento orizzontale.

Dopo queste considerazioni Boscovich, nei paragrafi da 12 a 20, comincia una descrizione accurata e abbastanza chiara delle strutture del tiburio. Egli manca comunque di riferire la presenza degli archi a tutto sesto impostati da Solari e illustrati nella Figura 2.3.

---

<sup>50</sup> Il fatto che la resistenza della cupola di San Pietro sia affidata alle nervature è stata una scelta di modellazione di Boscovich. In realtà la cupola di San Pietro si comporta come una vera cupola con le nervature che hanno funzione importante ma non essenziale; nella cupola del Duomo di Milano invece le nervature hanno funzione portante essenziale e mentre le calotte sono portate.

12. [...] Da quattro pilastroni si alzano due altri soprarchi circolari per uno, che non arrivano ad unirsi in cima, ma rimangono distanti fra' loro in modo, che le loro otto cime vengono a corrispondere ad otto angoli in un ottagono regolare sulle quali si innalza tutta la Cupola, in modo che coll'ajuto di questi arconi va tutto il peso suo a caricarsi già su que' quattro pilastroni fondamentali.

13. In quelli otto angoli e sulle linee che li congiungono è piantata la Cupola in forma di ottagono. Su di ogni angolo s'innalza una gran massa unita a due grossi pezzi di muraglioni che si stendono verso le finestre corrispondenti alla metà dei lati di esso ottagono. [...] Vanno essi su dritti e possono chiamarsi contrafforti, ma da ciascuno di essi si stacca fin di là giù dal piantato un grande arco di circolo, che va verso il mezzo a terminare in un grosso anello di marmo, da cui comincia e va' in sù il tamburro del Cupolino appoggiandosi sopra di esso. Su questi archi vi sono altrettanti muri che empiono tutto lo spazio tra questi massi e dritti, e questi archi, tolgono le particelle che danno il passo tutto intorno per mezzo ad essi, e quegli archi con questi muri appoggiati vi sopra formano quelli che si chiamano costoloni.

14. Tra un costolone e l'altro vi è di sotto un gran voltone formato di due pezzi inclinati l'uno all'altro, che si uniscono nel mezzo, formando come gli spicchi di essa Cupola. Essi hanno una figura di vela triangolare; con un lato si appoggiano scambievolmente, con un altro si scaricano sugli costoloni, e col terzo vanno a terminare sugli archi gotici de' finestroni suddetti corrispondenti alla metà dei lati dell'ottagono. [...]

15. Vi è più su un' altra volticella più piccola e assai poco inclinata, che da ambe le patti si appoggia su que' muri innalzati sopra i costoloni, ed è destinata a sostenere superiormente il pavimento di lastroni di marmo, i quali formano un pavimento pendente, esposto alle piogge ed alle altre ingiurie de' tempi.

[...]

19. Sopra quell'anello sostenuto da costoloni si innalza il Cupolino, che ha un lungo tamburro formato da otto pilastri, che chiudono due per due otto finestre alte e strette, delle quali quattro sono finite, e vi ha un secondo giro di pilastri esteriori uniti a quelli con degli archetti in cima, i quali pilastri esteriori sono destinati a ricevere superiormente altrettante gugliette. Sugli otto pilastri interiori posa una specie di gran cappello pieno tutto di pietroni messi in piano, ma tagliati in modo, che delle parti di dentro essi così smosciati, e la serraglia di mezzo chiusa fra essi, formano una specie di vòlta apparente.

20. Su questo cappello si tratta di innalzare questa che si chiama Gran Guglia. Essa deve essere circondata da otto gugliette, ciascuna delle

quali deve avere il suo piedestallo ed un archetto che l'unisca alla stessa Guglia [...] <sup>51</sup>.

Oltre agli elementi strutturali in muratura e marmo Boscovich riferisce la presenza di due catene che si vedono dalle finestre della cupola e di una terza che secondo lui dovrebbe essere più in alto anche se non si vede. Tale catena deve esserci perché è in alto che, secondo il suo meccanismo di collasso, le catene sono più efficienti.

Dal paragrafo 21 al 30 riporta i risultati delle analisi dei carichi, dopo avere diviso il tiburio in quattro parti:

La prima va dal pavimento della Chiesa fino al piantato della Cupola la seconda da questo al piantato del Cupolino la terza contiene esso Cupolino fino alla sua cima la quarta va dalla cima del Cupolino sino alla testa della statua situata sulla Piramide <sup>52</sup>.

La tabella 3.1 riassume i valori trovati da Boscovich, riportati in unità di misura moderne:

**Tabella 3.1** Pesì, forze e momenti del tiburio

Componenti	Pesì, forze: kN	Momenti: kN	Spostamenti: m
Guglia	1.830		
Cupolino	2.870	76.300	9,66
Cupola completa	31.560	123.000	2,31
Parte sottostante, Pilastrì + murature	76.300		
<b>Totale</b>	<b>112.560</b>	<b>298.400</b>	
Catena più bassa	7.840	68.670	5,21
Catena più alta	7.840	106.820	8,11

Dalla sua analisi Boscovich conclude che l'aggiunta della grande guglia, 1830 kN su un carico complessivo di oltre 110.000 kN, non dovrebbe dare problemi né alle fondazioni né alle quattro grandi colonne verticali. Ritorno su un apposito paragrafo per un commento di questa analisi. Qui mi limito a dire che la conclusione di Boscovich sarebbe accettabile solo dopo aver dimostrato che nella situazione senza gu-

<sup>51</sup> *Sentimento sulla solidità della nuova guglia*. Da qui in poi le citazioni dal *Sentimento* saranno individuate con il numero del paragrafo da cui sono tratte.

<sup>52</sup> Ivi, § 21.

glia si era lontani da una situazione di crisi. E per affermare ciò non basta far riferimento solo ai danni presenti.

Dopo aver risposto positivamente alla resistenza della parte sottostante la cupola, in particolare delle fondazioni e senza far cenno alla resistenza dei quattro pilastri che sorreggono il tiburio, Boscovich comincia il suo esame sulla resistenza dell'intero tiburio partendo dall'alto, esaminando prima la stabilità della guglia, poi del cupolino e infine della cupola.

Nel paragrafo 32 Boscovich esamina la stabilità della guglia in sé. Se la cava abbastanza velocemente dicendo sostanzialmente che il marmo con cui è formata la guglia è un materiale molto resistente, e se hanno resistito i pilastri che reggono il tiburio che sono molto più sollecitati, a maggior ragione devono resistere anche i pilastri della guglia, che tra l'altro sono ben collegati tra loro.

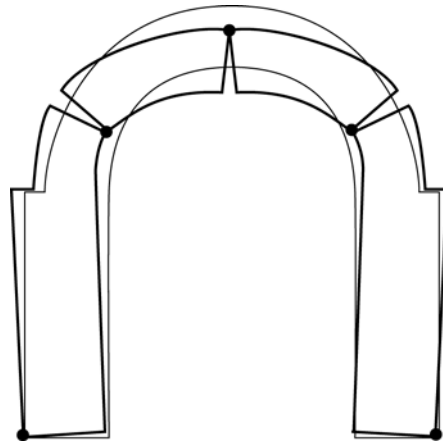
Poi Boscovich passa a esaminare il cupolino. Afferma che la sua copertura è una cupola solo apparente e quindi in sé non spingente. Però è chiusa da un cuneo di marmo di meno di un metro di diametro, che ne costituisce la serraglia, in modo tale che con la sua discesa potrebbe causare delle spinte. Dopo avere osservato che la parte centra della guglia, l'anima, è più larga di questa serraglia, Boscovich suggerisce di coprire la sommità del cupolino con lastroni di granito in modo da eliminare ogni possibilità di spinta.

Ad ogni modo per assicurarsi anche di più, atteso massimamente che ora non si vede nè la grandezza, nè la forma della serraglia dalla quale dipenderebbero i calcoli, io crederei cosa opportuna il coprire tutto quel cappello del Cupolino; che deve servir di base alla gran Guglia, con lastroni assai, grossi di granito, che hanno qui ed è tanto più forte lunghi tutte le sei braccia, che sono il diametro di esso cappello. Così si avrà una base solida continuata e tutte le parti interne ed esterne di essa Guglia per mezzo dello strato continuo ed unito di questi lastroni premerà unitamente il cappello inferiore, tutto senza menomo pericolo di sfiancamento<sup>53</sup>.

Al punto 40 inizia l'analisi strutturale della cupola. Boscovich comincia a delineare il possibile meccanismo di collasso. Il cupolino e la guglia scaricano sulla serraglia della cupola costituita da un grosso anello di marmo. Questo anello potrebbe scendere in basso e forzare i costoloni verso l'esterno.

---

<sup>53</sup> Ivi, § 38.



**Figura 3.1** Meccanismo di rottura di un arco con piedritti.

Ma prima di dettagliare il meccanismo di collasso Boscovich fa una breve sintesi delle sue conoscenze di statica, che sono aggiornate rispetto a quelle da lui possedute nel 1743 al tempo della perizia della cupola di San Pietro. Comincia a descrivere il meccanismo di collasso di un arco generalizzando la teoria di Couplet, suggerendo un approccio che sarà ripreso più avanti da Coulomb e da Mascheroni e che quindi è particolarmente innovativo e forse meriterebbe un approfondimento da parte degli storici della meccanica strutturale. Per Boscovich l'arco si rompe in tre zone distinte, in sommità, verso la terza parte e ove vi sia un pilastro anche alla base del pilastro, secondo il meccanismo illustrato nella Figura 3.1 e le varie parti ruotano l'una rispetto all'altra attorno a delle cerniere la cui presenza è resa possibile dall'attrito. In questo non si discosta da quanto proposto da Couplet<sup>54</sup>. La differenza è che Boscovich non impone la posizione delle cerniere a  $45^\circ$  come invece faceva Couplet.

Molto interessanti sono i commenti di Boscovich sull'attrito tra i vari blocchi di arco, anche se prefigurano valori di attrito irrealistici. Boscovich parla di una forza di attrito che è tre volte la forza normale di compressione.

Finalmente nel fondo del pilastro, che sostiene l'arco, si fa un'apertura dalla parte interna, girando esso intorno alla sua punta esteriore, la quale non suole dare in fuori orizzontalmente, al qual effetto vi vorrebbe

---

<sup>54</sup> C.A. Couplet, *De la poussée des voûtes*, Mémoires de l'Académie Royale des Sciences (1729), Paris 1731, pp. 79-117; Idem, *Seconde partie de l'examen de la poussée des voûtes* (1730), Paris 1732, pp. 117-141.

forza orizzontale maggiore almeno a tre doppj di tutta la forza, che ivi agisce verticalmente, perchè nel dare in fuori per un piano non levigato, converrebbe che quel angolo facesse de' saltarelli in su ed in giù dal qual principio nasce quella resistenza, che forma la frizione anche in un semplice peso strascinato orizzontalmente e non impedito superiormente da alcun altro ostacolo fuori del semplice suo peso da far que' saltarelli, che la scabrosità scambievolmente richiede<sup>55</sup>.

Nelle cupole senza cupolino, per Boscovich, si può avere ancora un comportamento simile a quello dell'arco, ammettendo che fessurazioni sia assiali sia verticali, a mo' di una pannocchia. Se le cupole hanno il cupolino, il meccanismo di rottura si realizza come nel caso della cupola di San Pietro, con una cerniera all'attacco tra la cupola e il cupolino, una seconda cerniera vicino (nota che non dice a) all'imposta e infine una in fondo al tamburo:

e che esso giri in fuori sull'angolo esteriore, strapiombando così, come quei pilastri nel caso dell'arco semplice<sup>56</sup>.

Nei paragrafi 45 e 46 Boscovich ritorna a parlare della cupola di San Pietro. Intanto dice che lì era più difficile trovare fessure di grandi dimensioni perché nelle murature si ha una diffusione delle trazioni e compressioni che in qualche modo si compensano e che era più facile trovare una curvatura piuttosto che un moto rigido. Rimanevano comunque le fratture verticali che non possono essere chiuse da spinte di compressione. Infine passa a considerare il Duomo di Milano. Qui non vi è un tamburo; inoltre le spinte dei costoloni della cupola sono assorbite senza nessuna difficoltà dal piano rigido formato dalle volte e controvolte a crociera che chiudono la chiesa superiormente appena sotto il piano di imposta della cupola, come è chiaro dalla Figura 2.1.

Secondo Boscovich in questo caso sono possibili solo due meccanismi di rottura. Il primo è quello illustrato nella Figura 3.2a, in cui il costolone si spezza in due parti che possono ruotare l'una rispetto all'altra. La parte superiore, insieme al cupolino produce la spinta, la parte inferiore insieme alle catene fornisce la resistenza. Oppure:

si può concepire, che invece di tre distacchi ve ne siano due solamente, uno in fondo verso l'imposta, e l'altra in cima verso il Cupolino, rimanendo l'angolo esterno, dell'arco che sta tra le medesime aperture al suo luogo e girando in fuori la sua cima, mentre il Cupolino che l'ha

---

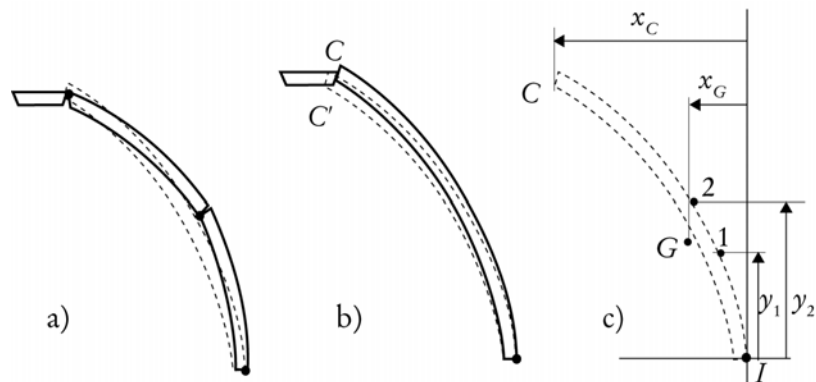
<sup>55</sup> *Sentimento sulla solidità della nuova guglia*, §41.

<sup>56</sup> Ivi, § 44.

cacciato in su, viene giù pel luogo lasciatogli dall'apertura di quel come ricettacolo del cuneo, che, aggravato da esso Cupolino, discende con esso lui<sup>57</sup>.

Il meccanismo di rottura in questo secondo caso è quello illustrato nella Figura 3.2b, in cui si vede come il cupolino scendendo spinga il costolone e lo faccia ruotare attorno allo spigolo esterno provocando un innalzamento del suo baricentro. In questo modo il costolone e tutta la cupola operano come resistenze.

Boscovich dichiara impossibile il primo meccanismo, senza fornire spiegazioni. Ma il motivo sembra chiaro: dipende dalla presenza di muri sopra gli archi di marmo e da tutti i carichi che vi gravano sopra e che impediscono all'arco di aprirsi verso l'esterno. Ammette invece possibile il secondo meccanismo perché i conci degli archi di marmo, tagliati in modo che le loro facce siano parallele ai raggi dei cerchi degli archi, sono abbastanza inclinati da consentire lo scorrimento del cupolino verso il basso (in particolare la faccia del concio di chiave ha un'inclinazione sull'orizzontale vicina ai  $50^\circ$ ) anche se ciò richiede di vincere forze di attrito molto elevate.



**Figura 3.2** Meccanismi di rottura della cupola.

Individuato il meccanismo di rottura Boscovich passa a calcolare gli spostamenti virtuali e poi i “momenti”, prodotto delle forze per questi spostamenti. Nella relazione per la cupola di San Pietro Boscovich era stato molto preciso nel descrivere il calcolo che comportava anche la normalizzazione dei valori rispetto a un punto di riferimento. Qui è molto più sintetico e si deve intuire quello che fa. I momenti che lui

<sup>57</sup> Ivi, § 47.



trova, espressi in chilonewton, sono riportati nella tabella 3.1. Il loro confronto con le forze consente di determinare gli spostamenti virtuali utilizzati. Per la precisione gli spostamenti virtuali sono ottenuti dividendo i momenti per le forze. Essi sono riportati nell'ultima colonna della tabella 3.1, dopo averli convertiti da braccia milanesi in m.

Dai valori si potrebbe pensare, anche se i conti non tornano in modo esatto, che i momenti siano ottenuti interpretando il termine "momento" come momento statico, ovvero prodotto della forza per il braccio, come alcuni studiosi di meccanica già facevano ai tempi di Boscovich. In effetti per esempio i momenti delle catene si ottengono, all'incirca, moltiplicando le loro distanze,  $x_1$  e  $x_2$  nella Figura 3.2c, per le forze assolute. Il momento della cupola si ottiene moltiplicando la distanza orizzontale del baricentro (che ho stimato in modo approssimato) dallo spigolo esterno in basso del costolone per il peso complessivo della cupola (distanza  $x_G$  nella Figura 3.2c). Il momento del cupolino che è ottenuto moltiplicando il suo peso per la distanza del bordo esterno del cupolino dallo spigolo esterno del costolone (distanza  $x_C$  nella Figura 3.2c). Il calcolo di questo ultimo momento però non può essere interpretato come prodotto di forza per il braccio. Infatti tutti i momenti precedenti esprimono delle resistenze e tendono a far ruotare il costolone in senso antiorario attorno al suo spigolo esterno, mentre il momento del cupolino, che spinge in fuori, tende a far ruotare la cupola in senso orario e quindi non può essere pensato come prodotto del peso per il braccio che darebbe un momento antiorario e quindi resistente.

Bisogna allora ripensare quindi ai momenti come prodotti dei pesi e forze per i rispettivi spostamenti virtuali come Boscovich aveva fatto per la cupola di San Pietro. Gli spostamenti virtuali delle catene, orizzontali, si ottengono, nell'ambito della cinematica infinitesima, come prodotti dell'angolo di rotazione  $\theta$  attorno al centro istantaneo di rotazione  $I$  per le ordinate  $y_1$  e  $y_2$ . Assumendo  $\theta = 1$ , gli spostamenti virtuali coincidono con le ordinate. Ragionando in modo analogo lo spostamento virtuale del baricentro  $G$  della cupola, verticale verso l'alto, è fornito dalla sua ascissa  $x_G$ . Per quanto riguarda lo spostamento virtuale del punto  $C'$  di applicazione del peso del cupolino, che va pensato appartenente al bordo esterno del cupolino stesso, l'esame della Figura 3.2b farebbe pensare che sia pari allo spostamento del punto  $C$  corrispondente pensato appartenente al costolone solo che il primo scende e il secondo sale. Infatti si potrebbe pensare che ambedue i punti si muovano sul piano di rottura definito dalla faccia dell'ultimo concio dell'arco (inclinata di circa  $50^\circ$ ). Lo spostamento verticale del punto  $C$  del costolone è fornito dalla sua ascissa  $x_C$ , come lo spostamento verticale di  $C'$  e quindi il momento del cupolino si ottiene moltiplicando il suo peso per  $x_C$  e tutto torna. O almeno abbastanza.

Boscovich dichiara di avere allegato alla sua relazione diversi documenti, tra cui quelli che riguardano il calcolo dei momenti. In assenza di questi documenti le interpretazioni del cinematismo sono lasciate in qualche modo all'arbitrio. Quello che ho scelto giustifica i valori degli spostamenti virtuali ma lascia adito ad alcuni pro-

blemi. Intanto lo scorrimento del cupolino può avvenire solo vincendo elevate forze di attrito, a favore della sicurezza, che però non sono messe in conto. Poi il cinematismo mostrato dalla Figura 3.2b ha qualche impedimento a realizzarsi perché contemporaneamente alla traslazione verso l'alto della sua estremità il costolone deve anche ruotare e questo altererebbe il cinematismo se non si ammettessero schiacciamenti del marmo di Candoglia. Un cinematismo più verosimile sarebbe quello per cui il punto C della nervatura, spinto dal cupolino si sposta nella direzione della frattura tra costolone e serraglia, senza che ci sia uno scorrimento sulla linea di frattura tra costolone e cupolino. In questo caso però il punto di applicazione dei carichi del cupolino e il corrispondente punto del costolone subiscono spostamenti verticali differenti dipendenti dall'inclinazione della fessurazione tra costolone e cupolino. Nel caso attuale il taglio dovrebbe essere inclinato di  $50^\circ$  e quindi gli spostamenti verticali di C e C' sarebbero sostanzialmente uguali.

Boscovich continua la sua analisi con un commento che ha attrattato l'attenzione di molti storici della scienza<sup>58</sup>:

Ho poi considerato che cosa accaderebbe se queste due aperture invece di farsi in cima e in fondo a' costoloni si facesse in qualunque altro luogo, ed ho trovato che dappertutto la resistenza sarebbe maggiore rispetto alla forza che ne' due siti esposti e considerati in que' calcoli<sup>59</sup>.

Qui Boscovich sembrerebbe prefigurare la ricerca di meccanismi di collasso cui corrisponde la massima pericolosità. Ovvero, seguendo una terminologia moderna, meccanismi cinematicamente ammissibili con il minimo moltiplicatore di collasso, ovvero con il minimo rapporto tra il lavoro delle resistenze e quello delle spinte, anticipando in qualche modo gli approcci di Coulomb e Mascheroni<sup>60</sup>. C'è certamente del vero in questa affermazione; bisogna però riflettere che essa viene fatta limitatamente al caso di due possibili aperture (cerniere) e non nel caso in generale. Inoltre, con qualche contraddizione, si ammette anche la possibilità che si determini un'apertura anche in una zona intermedia degli archi, cosa che era stata esclusa a priori.

---

<sup>58</sup> Cfr: E. Benvenuto, *An introduction to the history of structural mechanics*, cit., vol. 2. C. Baggio, E. Da Gai, *Tra diffidenza e innovazione: la meccanica in architettura*, cit.

<sup>59</sup> *Sentimento sulla solidità della nuova gugia*, § 52.

<sup>60</sup> C.A. Coulomb, *Essai sur une application de maximis et minimis à quelques problèmes de statique, relatifs à l'architecture*, «Mémoires de l'Académie des Sciences de Paris (1773)», 1776, pp. 343-382; L. Mascheroni, *Nuove ricerche sull'equilibrio delle volte*, F. Locatelli, Bergamo 1785

## SENTIMENTO

SULLA SOLIDITÀ DELLA NUOVA GUGLIA PROPOSTA PER LA CIMA DELLA CUPOLA DEL DUOMO DI MILANO, O SI CONSIDERI IN SÈ STESSA O RISPETTO AL RIMANENTE DEL VASTO TEMPIO ESPOSTO A RICHIESTA DEL NOBILISSIMO E VIGILANTISSIMO CAPITOLO, CHE SOPRA INTENDE ALLA SUA GRAN FABBRICA, DEL PADRE **RUGGIERO GIUSEPPE BOSCOWICH**<sup>1</sup> DELLA COMPAGNIA DI GESÙ LETTORE DI MATEMATICA NELL'UNIVERSITÀ DI PAVIA.

1. Il Nobilissimo Capitolo<sup>2</sup>, che soprintende alla gran Fabbrica del Duomo di Milano per mezzo degli Illustrissimi Signori Delegati Conte Giovanni Battista Scotti e Conte Lorenzo Salazar con lettera di questi in data dei 22 agosto del corrente anno 1764, richiede il mio sentimento in riguardo alla Gran Guglia ideata dal signor Francesco Croce Architetto di essa Fabbrica, volendo che, dopo tutte quelle diligenze che avessi stimate opportune, io esponga il mio sentimento intorno *alla solidità della medesima Guglia si presa in sé stessa che rispetto al restante del Tempio, avendo l'Architetto medesimo desiderato che prima di dar mano all'opera si sentissero le riflessioni di varj Matematici e Periti.*

2. Ricevuto il suddetto ordine mi sono portato in compagnia di alcuni Signori del Capitolo, dell'Architetto stesso<sup>3</sup> e di altri a vedere e considerare il modello formato di essa Guglia, indi ad osservare il gran modello di tutta la Fabbrica, e poi salendo su ad esaminare tutte le parti di essa vicine alla Cupola guardando per di fuori ed esaminando il di dentro per le finestre, montando in cima sopra il Cupolino, e confrontando il modello<sup>4</sup> portato su a canto alla Cupola coi siti rispettivi, coi quali ha esso relazione. Sono poi tornato più volte da me e con altri, ed ho rivedute le parti tutte, considerando anche bene la struttura del tutto dalla parte di dentro giù dal pavimento del Tempio. Ho indi fatte tutte quelle riflessioni, che il mio corto intendimento mi ha suggerite, ho preso le misure esatte delle parti sulle piante e spaccati datimi dall'Architetto colle necessarie rispettive scale, e, per correre meno pericolo d'ingannarmi, ho ripigliate col compasso alla mano e coll'ajuto di un compasso di proporzione tutte le misure in presenza dell'Architetto stesso, facendomi dir da esso i numeri più precisi quando erano piccole le misure omesse in modo da non potersi prendere con sufficiente esattezza dalle piante, dando a stima col parere di lui stesso

---

<sup>1</sup> Si noti la scrittura «Boscowich» in luogo della consueta «Boscovich».

<sup>2</sup> Il Nobilissimo Capitolo Generale era il consiglio di amministrazione della Veneranda Fabbrica del Duomo.

<sup>3</sup> Francesco Croce.

<sup>4</sup> Si dovrebbe trattare del modello di legno della Guglia presentato da Francesco Croce il 25 maggio 1764 (A. Nava, *Relazione dei restauri intrapresi alla gran guglia del duomo di Milano nell'anno 1844 ed ultimati nella primavera del corrente 1845*, cit., p. 13.)

avvezzo da tanto tempo ad avere avanti agli occhi le parti tutte della vasta mole, quantunque piccole, i compensi giudicati opportuni nelle figure irregolari, e dove entrava un misto [53] di materiali diversi, come di marmi e mattoni: nelle quali ricerche, quantunque non vi sarà tutta la determinazione minuta, che si ricercerebbe in una osservazione astronomica, sono sicuro di averne spinta la precisione troppo al di là di quello che richieda la presente materia, in cui sarebbe bastato di prendere alcune parti assai più all'ingrosso, di quello che io mi abbia fatto, per pura premura di servire il meno male che fosse possibile esso da me sommamente venerato Capitolo e con lui il pubblico, eseguendo i cenni di cui si è degnato di comandarmi.

3. Dalle misure sono passato ai calcoli numerici per avere la mole<sup>5</sup> delle parti, indi al peso, supponendo quello di che lo stesso signor Architetto mi ha assicurato, cioè che un braccio<sup>6</sup> cubo di quel marmo<sup>7</sup>, che si adopera per questa mole, pesa ottocento libbre grosse<sup>8</sup> di ventotto once l'una, e lo stesso di muro fatto di calce e mattoni di questi paesi ne pesa seicento<sup>9</sup>. Su questo dato ho calcolato il peso assoluto di ciascuna di dette parti.

4. Come in essa Cupola vi ho veduto sei telari<sup>10</sup> di catene grosse di ferro, ne ho prese le misure, e i siti precisi, ed ho applicate alle suddette misure e numeri esperimenti la forza dei fili o stanghe di ferro trovati da buoni sperimentatori per vedere che forza siano capaci di fare le catene medesime.

5. Dalle forze assolute<sup>11</sup> sono ito avanti alle teorie ed ho considerati i movimenti, che ho saputo immaginare, e che si sogliono ritrovare nelle fabbriche nelle quali le resistenze sono inferiori alle forze spingenti e prementi, per vedere se essi abbiano a credersi possibile, e se le resistenze, essendo superiori alle suddette forze, non lascino luogo ad alcun timore ragionevole. Relativamente a questi movimenti ho considerato quelli che i Meccanici chiamano momenti delle forze, e i quali dipendono dalle stesse forze assolute, e dalla maniera in cui sono impiegate, e per determinarli ho adoperato quel principio<sup>12</sup>, che è tanto conosciuto, e che è il fondamento di tutta la meccanica applicata alle macchine, che una forza esercita un conato tanto maggio-

---

<sup>5</sup> Volume.

<sup>6</sup> Un braccio milanese è 0,595 metri. Un braccio cubo è quindi 0,21 metri cubi.

<sup>7</sup> Marmo di Candoglia, marmo di colore bianco/rosa o grigio molto compatto e duro che viene estratto nelle cave di Candoglia nel comune di Mergozzo in Val d'Ossola.

<sup>8</sup> Una libbra grossa è 0,763 chilogrammi.

<sup>9</sup> Al marmo corrisponde quindi una massa specifica di 2,91 t/m<sup>3</sup>, un po' più elevata di un marmo normale, mentre alla muratura 2,18 t/m<sup>3</sup>.

<sup>10</sup> Più avanti Boscovich parla di due catene che cingono la cupola. Le altre probabilmente sono quelle che cingono i muri del tiburio.

<sup>11</sup> Questo è un termine di origine galileiana; sta a indicare la resistenza a trazione.

<sup>12</sup> Si tratta del principio dei lavori virtuali, ancora non molto diffuso nella meccanica.

re, quanto sarebbe maggiore la velocità del suo moto iniziale secondo la sua direzione, se vincesse, o contro di essa se fosse vinta onde si ricavano i movimenti<sup>13</sup> moltiplicando le forze assolute per quelle lineette, che esprimono queste iniziali velocità. Quindi mi è convenuto adoperare la Geometria per determinare la relazione che passa fra esse lineette, ma ho procurato di adoperarla all'atto elementare e pianissima.

6. Mi sono ancora servito di qualche parte delle ricerche, che io avea già fatte vent'anni addietro sulla gran Cupola di S. Pietro in Roma<sup>14</sup>, e principalmente dalla teoria che mi condusse a conoscere la forza con cui un cerchio di ferro spinto in fuori da forza applicata perpendicolarmente in tutti i suoi punti, resiste, trovandola maggiore di quella che sarebbe la stessa spranga di ferro tirata direttamente nella direzione della sua lunghezza un poco più che a sei doppi, cioè in proporzione della circonferenza del circolo al raggio, d'onde poi il Marchese Polini<sup>15</sup> ricavò l'idea di quella esperienza, in cui un filo di seta ottagonò, tirato in fuori in tutti gli angoli per esser rotto, ebbe bisogno di una forza incirca a sei doppi maggiore, che quando un altro filo suo compagno era tirato direttamente<sup>16</sup>.

7. Ho adoperata qualche altra parte delle teorie d'allora<sup>17</sup>, ma ho trovato una troppo essenziale differenza di questo caso di quello. Oltre a varie altre cose in cui differiscono queste due moli, la più essenziale si è quella che questa cupola rigorosamente parlando non ha tamburro, benché a guardarla di fuori pare che lo abbia, vedendosi tutta intorno cinta di muri diretti verticali, questi la vestono intorno, non la sostengono. In cima ad essa vi è il tamburro del suo Cupolino ma essa medesima ha la sua imposta più in fondo, dove tutti i gran voltoni della Chiesa<sup>18</sup> [54] rendono impossibile il dar in fuori, mentre quello di S. Pietro in Roma, sostenuta in aria sulla cima del suo tamburro, non ha ivi altra forza, la quale reprima lo sforzo laterale chiamato dai Francesi la *paussè*<sup>19</sup>, che il muro stesso del tamburro e i contrafforti distaccati anch'essi al primo urto per una, che io credo, inavvertenza commessa nell'ideare la base traforata da un troppo ampio corridore, della quale ho parlato abbastanza nelle Scritture che allora si pubblicarono. Se stando unita la base avessero retto i contrafforti all'urto laterale della Cupola e Cupolino, onde nell'imposta di essa Cupola fosse stato impedito il movimento in fuori, io sono persuaso che non si sa-

<sup>13</sup> È un refuso, dovrebbe essere *momenti*.

<sup>14</sup> Cfr: F. Jacquier, T. Le Seur, R.G. Boscovich, *Parere di tre mattematici sopra i danni, che si trovano nella cupola di S. Pietro*, Roma 1742.

<sup>15</sup> Giovanni Poleni. C'è da chiedersi se sia semplicemente un refuso o una voluta storpiatura.

<sup>16</sup> L'esperienza è riportata nelle *Memorie storiche*, cit., p. 88.

<sup>17</sup> Dovrebbe trattarsi della teoria per il dimensionamento degli archi di Couplet.

<sup>18</sup> Si tratta delle volte della copertura del Duomo che sorreggono il terrazzo.

<sup>19</sup> *Poussée*, spinta.

rebbe avuto alcuno di que' perniciosi effetti, che si sono manifestati in tante parti della gran mole, onde questa la stimo una differenza essenzialissima tra questa fabbrica e quella, la quale differenza mi ha costretto a cercare una teoria particolare, che si potesse adattare immediatamente a' questo caso, benchè pur si potesse colle meditazioni<sup>20</sup> dovute trasportare ad altri casi. L'ho ritrovata quale mi è comparsa esatta e semplice, ma può accadere ben facilmente, che io, prevenuto da un amor proprio, la stimi tale, parendomi averne l'evidenza, quand'anche sia in sè stessa difettosissima.

8. In queste teorie io suppongo che il marmo di cui si servono non si possa comprimere sensibilmente. Nel trattare della Fabbrica di S. Pietro ho supposto della compressione nel muro formate di calce e di mattoni, quale compressione accresce molto la forza che spinge e diminuisce la resistenza: ma non l'ho supposta ne' travertini, pietre, assai più dolci di questo marmo, ed ho avuto delle buone ragioni per non supporla. Di fatto in un muro di calce e mattoni si ficca facilmente un chiodo con piccola percossa, dandosi luogo all'ingresso del medesimo, cosicchè non può succedere senza che le parti contigue al buco abbiano ceduto, e per lasciare quel vano si siano compresse, ma in un travertino o marmo non entra. Si spunta il ferro, si rompe la pietra, piuttosto che lasciar per compressione il sito all'ingresso.

9. Quindi le mie ricerche in parte sono appoggiate a principi geometrici infallibili ed evidenti, ed in parte alle fisiche proprietà delle materie adoperate, le quali non ponno conoscersi, che colla esperienza e diligenti osservazioni. Non è difficile il vedere colla esperienza quanta tenacità abbia il loro marmo, e con quanta forza resista alla sensibile compressione. Basta su di un gran pezzo spianato di questo marmo mettervi in piedi uno o più pilastri di esso ed aggravandoli successivamente di pesi, che sempre formino una forza comprimente maggiore, misurando ad ogni tanto con esattezza la lunghezza di essi pilastri per vedere se essa scema e di quanto ma son persuaso, che non si troverà alcuna sensibile diminuzione di lunghezza dopo di averli caricati di un peso incomparabilmente maggiore di essi e fino ad una qualche laterale rottura.

10. Mi ha facilitate le mie ricerche un'altra considerazione essenzialissima, ed è quando le fabbriche patiscono, ciò non succede mai senza una qualche apertura o distacco, di una parte rispetto alla contigua. Non succede mai senza<sup>21</sup> che una superficie si strisci lungo l'altra senza aprirsi per uno spazio di mezzo, e per l'ordinario ciò succede senza che neppur una punta strisci su di un piano, ma l'apertura si fa solo a modo di cerniera<sup>22</sup>. Questa cosa si ricava dalle esperienze, ma si potrebbe ancora dedurre dalla teoria, ossia dalla natura delle cose, ma io mi dilungherei troppo se mi

---

<sup>20</sup> Nell'edizione Repishti: «mutazioni».

<sup>21</sup> Mi sembra che questo «senza» sia di troppo.

<sup>22</sup> Si noti come Boscovich escluda la possibilità di scorrimento tra i conci.

mettessi ad esporre tutti i principi, che mi hanno guidato nelle mie ricerche ed a provarne la conformità alle leggi conosciute dalla natura medesima.

11. Dopo tutte queste ricerche ed esami io mi sono fissato nel sentimento, che la *Guglia progettata possa ben sussistere tanto in sè stessa quanto correlativamente al restante del Tempio, e che essa se si eseguisse, troverà resistenza assai maggiore delle forze tendenti a farla patire in se stessa, e far che per essa cagione patiscono le altre parti del Tempio.* Di questo mio sentimento [55] io esporrò<sup>23</sup> qui i fondamenti principali di una semplice idea delle varie forze senza entrare, in un più minuto dettaglio, che porterebbe troppo in lungo, ma dirò quanto basta perciò gli intendenti comprendano su che' mi appoggi. Mi protesto per altro, che il sentimento medesimo lo sottopongo all'altrui più maturo giudizio e migliore intendimento, confessandomi sinceramente troppo soggetto ad errare con tutta l'evidenza, che mi par di avere di quanto avanzo, in que' termini in cui l'avanzo.

12. Comincerò dal dare un'idea generale dell'Edificio<sup>24</sup>. Si veda nella gran Chiesa una doppia serie di gran pilastri sui quali si appoggia la navata di mezzo. Quattro di questi sostengono i quattro grandi arconi gotici sulle quali si innalza la Cupola ed il Cupolino formati ciascuno di due grandi archi<sup>25</sup> che finiscono, in cima in una punta alla gotica. Da quattro pilastri si alzano due altri soprarchi circolari per uno<sup>26</sup>, che non arrivano ad unirsi in cima, ma rimangono distanti fra' loro in modo, che le loro otto cime vengono a corrispondere ad otto angoli in un ottagono regolare sulle quali si innalza tutta la Cupola, in modo che coll'ajuto di questi arconi<sup>27</sup> va tutto il peso suo a caricarsi già<sup>28</sup> su que' quattro pilastri fondamentali.

13. In quelli otto angoli e sulle linee che li congiungono è piantata la Cupola in forma di ottagono. Su di ogni angolo s'innalza una gran massa unita a due grossi pezzi di muraglioni che si stendono verso le finestre corrispondenti alla metà dei lati di esso ottagono<sup>29</sup>. Questi coi muraglioni e muri posti sugli archi delle finestre sono di cotto nel loro interno, ma tutti nell'esterno vestiti di marmi. Vanno essi su dritti e possono chiamarsi contrafforti, ma da ciascuno di essi si stacca fin di là giù dal piantato un grande arco di circolo<sup>30</sup>, che va verso il mezzo a terminare in un grosso anel-

<sup>23</sup> Metterò al fine separatamente vari articoli, che serviranno per ischiarire e per giustificare i passi più essenziali. *Nota di Boscovich.*

<sup>24</sup> Vedi l'articolo primo delle aggiunte. *Nota di Boscovich.*

<sup>25</sup> In realtà semiarchi.

<sup>26</sup> Si tratta dei semiarchi che delimitano i quattro pennacchi.

<sup>27</sup> Gli arconi in questione dovrebbero essere quelli che prima sono stati chiamati soprarchi.

<sup>28</sup> Nell'edizione Repishti: «scaricarsi giù».

<sup>29</sup> Questi muri costituiscono le pareti del tiburio.

<sup>30</sup> Si tratta delle nervature della cupola.

lo di marmo, da cui comincia e va' in sù il tamburro del Cupolino appoggiandosi sopra di esso. Su questi archi vi sono altrettanti muri che empiono tutto lo spazio tra questi massi e dritti, e questi archi, toltone le particelle<sup>31</sup> che danno il passo tutto intorno per mezzo ad essi, e quegli archi con questi muri appoggiativi sopra formano quelli che si chiamano costoloni<sup>32</sup>.

14. Tra un costolone e l'altro vi è di sotto un gran voltone formato di due pezzi inclinati l'uno all'altro, che si uniscono nel mezzo, formando come gli spicchi di essa Cupola. Essi hanno una figura di vela triangolare; con un lato si appoggiano scambievolmente, con un altro si scaricano sulli costoloni, e col terzo vanno a terminare sugli archi gotici de' finestroni suddetti corrispondenti alla metà dei lati dell'ottagono. Così queste volte vanno a scaricare il loro peso parte per mezzo di costoloni e parte per mezzo degli archi delle finestre sugli angoli dell'ottagono, ove vi sono que' grossi otto massi di contrafforti.

15. Vi è più su un' altra volticella più piccola e assai poco inclinata, che da ambe le parti si appoggia su que' muri innalzati sopra i costoloni<sup>33</sup>, ed è destinata a sostenere superiormente il pavimento di lastroni di marmo, i quali formano un pavimento pendente, esposto alle piogge ed alle altre ingiurie de' tempi.

16. Gli otto costoloni, sono formati di grossi pezzi di marmo, tagliati in modo che risguardano le faccia de' taglj il centro della curvatura de' loro archi<sup>34</sup>. Portano in cima quel grosso, anello di marmo, di cui si è detto di sopra, e gli ultimi pezzi de' costoloni medesimi formano parte di esso anello, che tutto viene ad appoggiarsi sulli costoloni medesimi [56].

17. Si vedono due catene di ferro, che attraversano le finestre della Cupola e formano ciascuno un telaro ottagono, che rinserra e restringe gli otto contrafforti impedendone le dilatazioni. Sono situate l'uno all'altezza di braccia 8 e 1/2, l'altra di braccia 14 sopra il piantato della Cupola e sono grossi per un verso 41 punti, cioè 11 duodecime parti dell'Oncia del braccio e per l'altro punti 18, ed è cosa moralmente sicura che in un altro simile telaro passa più su delle finestre verso la cima essendo cosa visibile ad ogni uomo, anche mediocrementemente versato in queste materie, che lì su si esercita una forza maggiore<sup>35</sup>.

---

<sup>31</sup> Nell'edizione Repishti: «porticelle».

<sup>32</sup> Quindi i costoloni sono formati dagli archi che formano la nervatura della cupola e che hanno la funzione statica di portare i carichi verticali e dai muri che si appoggiano su questi archi e finiscono sulla "gran massa" che forma gli angoli del tiburio.

<sup>33</sup> Si tratta della copertura del tiburio che appoggia anche sui muri verticali.

<sup>34</sup> Cioè le facce dei conci convergono verso i centri dei semiarchi circolari che formano l'arco gotico.

<sup>35</sup> Quest'affermazione di estrema sicurezza di Boscovich deriva solo dal fatto che nel meccanismo di rottura da lui ipotizzato le catene in alto sono più efficaci. In realtà il



18. Accanto ad ogni angolo sul piano del piantato della gran Cupola vi deve essere una gran Guglia, delle quali non è fatta che una sola, e sopra gli otto massi de' contrafforti ve ne debbono essere altre otto che non sono costruite per anco, e sulli costoloni si veggono innalzati tre pilastrini per uno con una specie di fregio<sup>36</sup>, che va su a terminare in cima al Cupolino.

19. Sopra quell'anello sostenuto da costoloni si innalza il Cupolino, che ha un lungo tamburro formato da otto pilastrini, che chiudono due per due otto finestre alte e strette, delle quali quattro sono finite, e vi ha un secondo giro di pilastri esteriori uniti a quelli con degli archetti in cima, i quali pilastri esteriori sono destinati a ricevere superiormente altrettante gugliette. Sugli otto pilastri interiori posa una specie di gran cappello pieno tutto di pietroni messi in piano, ma tagliati in modo, che delle parti di dentro essi così smosciati, e la serraglia<sup>37</sup> di mezzo chiusa fra essi, formano una specie di vólta apparente.

20. Su questo cappello si tratta di innalzare questa che si chiama Gran Guglia. Essa deve essere circondata da otto gugliette, ciascuna delle quali deve avere il suo piedestallo ed un archetto che l'unisca alla stessa Guglia. La Guglia è una specie di Torre ottagonata trasforata, che ha otto pilastri stretti e lunghi, distaccati fra loro, ed un'anima unita, ma forata nel mezzo. Que' pilastri con quest'anima sono uniti cogli scalini che danno accesso ad una ringhiera situata sulla Torre stessa. Ivi si innalza una Piramide piena, ornata di festoni negli angoli, sulla quale vi deve essere posata una grande statua di marmo, come di marmo è pure formata ogni altra parte di questa mole.

21. Da questa idea generale facilmente si vede che può distinguersi tutta la mole in quattro parti, e per dire così, contiguazioni. La prima va dal pavimento della Chiesa fino al piantato della Cupola la seconda da questo al piantato del Cupolino la terza contiene esso Cupolino fino alla sua cima la quarta va dalla cima del Cupolino sino alla testa della statua situata sulla Piramide.

22. Avendo osservato con diligenza queste parti, non ho veduto alcuna spaccatura o altro essenziale patimento in alcun luogo, toltane la Guglia nominata al N.º 18 che è stata più volte percossa, e considerevolmente danneggiata dal fulmine, e l'estrema incrostatura di quel apparente tamburro, di cui si è parlato al N.º 7. Essa in alcuni pochi siti ha alcuni peli di apertura, che vanno su per ogni serie di stratti, rompendo varj pezzi di marmo che pare facciano ivi un poco di paura in fuori<sup>38</sup>. Vi sono dei marmi a coda di rondine messi attraverso alle spaccature in vicinanza della Guglia

---

progettista della cupola poteva avere in mente un diverso comportamento e quindi non ritenere necessaria un'ulteriore catena.

<sup>36</sup> Non si vedono dai disegni.

<sup>37</sup> Elemento di chiusura in marmo, come i pietroni.

<sup>38</sup> Nell'edizione Repishti: «di panza in fuori».

fulminata, qualcuno de' quali comparisce rotto ed alcun altro intero. Per le finestre della Cupola ho guardato con tutta l'attenzione se si vedesse alcuna corrispondenza di que' peli al di dentro ma ogni cosa mi è comparsa sanissima, benché, caduta l'intonacatura, si veda tutta scoperta la tessitura di mattoni. Ho anche dimandato la gente della Fabbrica, che la vede ogni giorno, e tutti mi hanno assicurato che lassù non si vedono altri patimenti, nè alcuna corrispondenza di quelli colle contigue muraglie e massi; solo mi fu mostrato verso il Campo Santo<sup>39</sup> un sito dell'estremità della Chiesa, dove mi fu detto, che vi erano de' segni [57] di qualche patimento seguito fin dal principio della Fabbrica del Tempio per qualche piccolo cedimento de' fondamenti. Ma come nelle volte superiori non si vede alcun segno correlativo, conven dire, che pei pronti ripari apprestati fino d'allora, sia cessato subito quel movimento, e inoltre quel sito è lontano dalla Cupola, nè i danni antichi si sono mai stesi fino al sito dei presenti progettati lavori<sup>40</sup>.

23. Venendo ora alle suddette quattro parti in particolare metterò qui<sup>41</sup> i semplici risultati de' miei calcoli spettanti al peso assoluto delle parti, e comincerò dall'ultima più alta venendo in giù.

24. Tutto il peso di tutta la Guglia progettata colla Piramide e statua colle gugliette che devono circondarle mi viene approssimativamente libbre grosso 240,000 delle quali i pilastri e gugliette, e gli archetti che uniscono questi ai pilastri ne portano prossimativamente 40,000, rimanendo gli altri 200,000 per quella che è chiamata gran Guglia.

25. Tutto quel terzo piano, cioè tutto il Cupolino, incluso quel pezzo del gran anello posto in cima ai costoloni, che come una specie di base di esso Cupolino mi arriva prossimativamente a libbre 376,000.

26. Sicché tutto il peso che superiormente si appoggia sulla cima dei costoloni e li aggrava e li spinge in fuori appena passa le libbre 600,000.

27. I contrafforti coi muri adjacenti, i costoloni le vòlte, gli ornati di sopra cui passano i quattro milioni di libbre di più di 136 mila. In questo conto non hò considerato le particelle che forono i costoloni ma ho pure trascurati i muri sottili, che vanno su a perpendicolo sugli archi delle finestre che li compensano a molti doppj, come pure non ho contate le riempiture delle volte che vanno più avanti, ma che difficilmente si possono calcolare, non potendosi vedere abbastanza, e, per altro, rispetto al totale son poca cosa.

---

<sup>39</sup> Oggi non c'è più.

<sup>40</sup> Boscovich non fa riferimento alla rottura delle catene che sostenevano i piloni avvenuta poco dopo la costruzione degli archi in serizzo a tutto sesto sopra gli archi gotici, a opera di Giunforte Solari.

<sup>41</sup> Vedi l' articolo secondo delle aggiunte. *Nota di Boscovich.*

28. La forza<sup>42</sup> assoluta di ciascuna delle due catene di ferro, delle quali si è parlato al numero 17, se essa sia tirata direttamente la trovo maggiore di libbre 164 mila<sup>43</sup>. La stessa in un ottagono tirato negli angoli mi supera un milione di libbre, più di 131 mila<sup>44</sup>.

29. Venendo giù al primo piano mi sono accontentato di una cosa alta, alta per la vastità della mole, la cui robustezza in sè stessa e i grandiosi rinfranchi laterali che si vedono in ogni parte a prima vista tolgono ogni timore e risparmiano la fatica di un più minuto dettaglio. Ogni pilastro ha una base che equivale ad un circolo di cinque braccia<sup>45</sup> di diametro, ed è alto più di 51<sup>46</sup> braccia sino all'imposta de' grandi arconi. Questo porta alquanto più di mila<sup>47</sup> braccia cube di mole, che, essendo di marmo, danno 800 mila libbre e ciascuno sostiene prima di arrivare alla Cupola tra' arconi e muraglioni superiori e velette triangolari di masse vive e superiori piramidi piucchè il doppio di sè stesso, cosa che fa andare a più di 12 doppj le 800 mila libbre, e va a 10 milioni.

30. Quindi per quello che appartiene al puro peso si vede chiaro che, rispetto a' fondamenti e alla prima delle quattro considerate contiguazioni, la Guglia non aggiunge un peso sensibile. Essa da sè non ha che 200 mila libbre o cogli ornati contigui 240 mila, mentre al di sotto vi sono più di 14 milioni, non aggiunge che al più che una sessantesima parte del tutto<sup>48</sup>.

31. Anche a confrontare la Guglia colle altre due parti inferiori, considerandone il solo peso, essa si trova molto al disotto, ma convien vedere come questo peso è applicato, e in che maniera giuocano le resistenze, per vedere se si possa essa sostenere

---

<sup>42</sup> Vedi l'articolo terzo delle aggiunte. *Nota di Boscovich*.

<sup>43</sup> Equivale a una tensione di rottura di 375 Mpa, confrontabile con quella di un acciaio moderno.

<sup>44</sup> Qui i conti non tornano. La forza totale della catena ottagonale dovrebbe essere 6,123 volte (un po' meno del valore  $2\pi$ , valido per la catena circolare) la trazione della catena. Moltiplicando 164 000 per  $2\pi$  si ottiene circa 1.031.000. Si può quindi pensare che nel testo vi sia un errore e leggere trentunomila invece di centotrentunomila.

<sup>45</sup> 2,975 metri. Tutti gli altri piloni diversi da quelli del tiburio sono di quattro braccia, ovvero 2,380 metri.

<sup>46</sup> 30.345 metri.

<sup>47</sup> 1000.

<sup>48</sup> Vale la pena di segnalare quando nella seconda metà dell'Ottocento furono aggiunti tre gugliotti, a quello dell'Amadeo già realizzato, un sovraccarico modesto di circa 1500 KN (circa 196.000 libbre), vi furono lesioni diffuse nei piloni del tiburio, determinando una seria preoccupazione sulla resistenza dello stesso. La conclusione di Boscovich è quindi quanto meno superficiale.

in sè stessa, e se possa [58] sostenersi relativamente alle altre patti del Tempio, che è l'argomento propostomi e sul quale passo a discorrere a parte a parte.

32. Per vedere se essa possa sostenersi in sè medesima conviene<sup>49</sup> osservare come è formata. Si alzano a perpendicolo sulle basi i pilastrini e l'anima conforme al N.° 20. Se la base non cede, ogni parte si può sostenere da sè stessa, quando poi troppo peso non la comprimano e schiaccino e rompino i marmi verso il fondo, ma io son sicuro, che il peso non è tale da comprimere e schiacciare que' marmi. I pezzi di pilastrini<sup>50</sup> che sostengono tutte le volte e la Cupola sono aggravati da altro peso, come abbiamo veduto, nè una simile disgrazia è accaduta quindi credo che di questo non possa temersi punto.

33. Potrebbe far temere la sottigliezza di ogni pilastrino unita alla grande altezza, che ad ogni piccolo urto cagionato da un tuono che scuota, da un turbine impetuoso, da una leggiera scossa di terremoto potrebbe facilmente uscire di sesto. Ma i pilastri insieme coll'anima sono legati agli scalini, e co' ferri che si pensa di mettere sotto ad ogni scalino. Allora quello fa tutto un corpo unito, e, considerato come tale, non è troppo sottile rispetto all' altezza. L'altezza della parte diritta non è che di 32 braccia e la grossezza lo è di 6 la quinta e sesta parte. Troppi Campanili e Torri sono più alti rispetto alla loro grossezza e fra i Turchi ho veduto tanti di que' che da essi si chiamano *minere*<sup>51</sup> e corrispondono nelle loro Moschee ai Campanili delle nostre Chiese, che sono incomparabilmente più stretti rispetto all'altezza e stanno forti. Convien dunque passare a considerare questa Guglia per rapporto alle altre parti del Tempio.

34. In primo luogo viene a considerarsi la base stessa su cui si appoggia la quarta contiguazione, che contiene la Guglia ed ornati adjacenti. Le piramidi e i pilastri esteriori si appoggiano a piombo sul sodo degli inferiori pilastri e gli archetti, che uniscono la base di quelli a questi, son troppo deboli per far qualunque effetto: tutti insieme non arrivano a pesare tre mila libbre, mentre le gugliette e suoi pilastrini pesano 37 mila, e non sostengono che la metà del peso ed urto<sup>52</sup> di quelli, i quali inoltre sono assai stretti; onde non sfiancano sensibilmente, la difficoltà può cadere semplicemente sull'anima interiore la quale si appoggia sul vano che resta sotto a quei come cappello, ossia volta apparente della cima del Cupolino, di cui si è parlato al N.° 19.

35. In ordine a questo, se quella fosse una mensola che sporgendo in fuori non avesse resistenza che da una parte potrebbe temersi che, rottasi, venisse giù, e lasciasse cadere quell'anima, non essendo capace di sostenerla que' ferri laterali che

---

<sup>49</sup> Vedi l'articolo quarto delle aggiunte. *Nota di Boscovich*.

<sup>50</sup> Qui Boscovich sembra confrontare le sollecitazioni dei pilastrini del cupolino con i pilastri che sorreggono il tiburio.

<sup>51</sup> Mineret, minareti.

<sup>52</sup> Pressione.

l'uniscono ai pilastri esteriori. Ma come la forma annulare non permette alcun aprimento in dentro e conforme al N.° 10 non può staccarsi la parte inferiore strisciando giù sulla esteriore, se questa non gli ceda e si apra essa, non può temersi nulla per via della semplice pressione del peso verticale, senza che vi entra dentro lo sfiancamento laterale.

36. Se quella fosse una vera vòlta si eserciterebbe una forza laterale, quale converrebbe calcolare; ma si è detto al N.° 19 che i marmi sono collocati in piano e formano solo una Cupola apparente.

37. Come in mezzo a questa Cupola apparente vi è una serraglia di un pezzo di marmo inserito a modo di cuneo fra gli stratti orizzontali degli altri pezzi sconosciuti, se su questa serraglia si appoggiasse tutto il peso, potrebbe bene sfiancare lateralmente e tendere a far aprire e sciogliere tutto il Cupolino mandando in fuori li suoi pilastri. Ma da una parte io sono persuaso, che l'anima, benchè stretta di sole due braccia di diametro, non si appoggi solo sulla detta [59] serraglia, ma parte sopra di essa, parte sulli pezzi laterali, e dall'altra quell'aprimiento medesimo del Cupolino non può seguire senza che si alzino un poco i marmi orizzontali spinti dal cuneo per girare intorno all'angolo esteriore, il quale alzamento viene ad essi impedito dal maggior peso de' pilastri esteriori, il peso dei quali trovo che passa le 88 mila libbre, dove quello dell'anima sola non arriva ad ottantadue mila.

38. Ad ogni modo per assicurarsi anche di più, atteso massimamente che ora non si vede nè la grandezza, nè la forma della serraglia dalla quale dipenderebbero i calcoli, io crederei cosa opportuna il coprire tutto quel cappello del Cupolino; che deve servir di base alla gran Guglia, con lastroni assai, grossi di granito, che hanno qui<sup>53</sup> ed è tanto più forte lunghi tutte le sei braccia, che sono il diametro di esso cappello. Così si avrà una base solida continuata e tutte le parti interne ed esterne di essa Guglia per mezzo dello strato continuo ed unito di questi lastroni premerà unitamente il cappello inferiore, tutto senza menomo pericolo di sfiancamento.

39. Appoggiando così sul vivo e sodo de' pilastri interni, de' quali al N.° 19, tutto il peso della gran Guglia, e sulli pilastri esteriori le gugliette, non vi può essere alcun patimento proveniente di sopra ma neppure essa può patire in sè stesso, sostenendosi da sè i pilastri diritti di vivo; gli archetti che congiungono questi pilastri esteriori cogli anteriori sono un nulla rispetto ad essi, e non sono aggravati da alcun peso non suo. Essi tutti assieme appena hanno 9 mila libbre, mentre i pilastri esterni insieme ne hanno più di 90 mila e sono aggravati dai pilastrini delle superiori gugliette e da esse gugliette con altre più di 27 mila libbre.

40. Quindi conviene passare a considerare l'effetto che il peso della Guglia nuova con tutto il Cupolino aggravato da essa può produrre più giù sulla seconda continua-

---

<sup>53</sup> Si tratta del serizzo.

zione. Queste<sup>54</sup> moli aggravano a piombo quell'anello di cui si è parlato al N.º 16 il quale entra nella cima de' costoloni a modo di un cuneo circolare. Esso anello così aggravato spinge, conforme al N.º 26, in fuori i costoloni medesimi con un peso poco superiore di 600 mila libbre, de' quali esso stesso ne ha da 40 mila, meno di 340 mila il resto del Cupolino, e 230 mila la Guglia nuova co' suoi annessi. Conviene esaminare l'effetto di questa pressione laterale ne' costoloni e in tutta la mole della Cupola.

41. Gli archi non si finiscono in un anello tondo e alto, se sieno aggravati in cima sogliono patire ordinariamente, così si apre il sistema tutto in cima e in due altri siti per parte. L'arco in cima, si apre e slarga interiormente, venendo giù unita la parte superiore a modo di una cerniera. Si apre lo stesso arco esteriormente per l'ordinario verso il suo terzo<sup>55</sup>, dando ivi in fuori, in modo che la parte esteriore si distacca e l'interiore va unita come se la cerniera fosse ivi<sup>56</sup>. Finalmente nel fondo del pilastro, che sostiene l'arco, si fa un'apertura dalla parte interna, girando esso intorno alla sua punta esteriore, la quale non suole dare in fuori orizzontalmente, al qual effetto vi vorrebbe forza<sup>57</sup> orizzontale maggiore almeno a tre doppj di tutta la forza<sup>58</sup>, che ivi agisce verticalmente, perchè nel dare in fuori per un piano non levigato, converrebbe che quel angolo facesse de' saltarelli in su ed in giù dal qual principio nasce quella resistenza, che forma la frizione anche in un semplice peso strascinato orizzontalmente e non impedito superiormente da alcun altro ostacolo fuori del semplice suo peso da far que' saltarelli, che la scabrosità scambievolmente richiede.

42. Quindi il pilastro con una terza parte dell'arco gira in fuori sull'angolo esterno immobile del fondo del pilastro, ed il pezzo di due terzi dell'arco superiore gira colla sua parte inferiore [60] in fuori e colla superiore scende verticalmente rovesciandosi al fine i pilastri caduti in fuori, e cadendo a piombo la parte superiore dell'arco divisa<sup>59</sup> in due pezzi con tutto il peso, che aggravandola la spingeva in giù. Per questo si sogliono mettere a un terzo dell'arco le catene di ferro orizzontali, che impediscono quel dare in fuori, e si fanno dei contrafforti ai pilastri, che li comprimono, e ne impediscono il giro pure in fuori sull'angolo, facendo insieme, come suol dirsi, un vi-

---

<sup>54</sup> Vedi l'articolo quinto delle aggiunte. *Nota di Boscovich*.

<sup>55</sup> Considerando anche quanto Boscovich dice all'inizio del punto 42, sembra che si tratti della terza parte di un semiarco (si noti che nell'arco a tutto sesto la rottura all'epoca veniva ipotizzata a metà del semiarco). Boscovich non cita la fonte da cui ha ricavato questa regola di rottura.

<sup>56</sup> Il meccanismo di rottura è quello proposto da Couplet: *De la poussée des voûtes*, Mémoires de l'Académie Royale des Sciences (1729), Paris 1731, pp. 79-117.

<sup>57</sup> Nell'edizione Repishiti: «troppa forza».

<sup>58</sup> Boscovich sta ipotizzando un coefficiente di attrito del 300%; mi sembra irrealistico.

<sup>59</sup> Nell'edizione Repishiti: «divisa in cima».

aggio e due servizi col contenere l'angolo inferiore medesimo perché neppure possa scorrere orizzontalmente in fuori senza spingere innanzi tutta la mole di quell'ostacolo laterale.

43. Nelle volte tonde, come sono i catini delle Cupole che non hanno Cupolino, conviene inoltre in parità di forza, che si aprano da tutte le parti intorno a modo di canocchia<sup>60</sup>, o di mela granata nell'abbassarsi la cima della volta e dare in fuori il cilindro rettilineo che la sostiene e suole chiamarsi tamburro, il quale inoltre deve aprirsi verticalmente con aperture che, andando in su verso l'imposta, si slarghino.

44. Se la volta finisce in un anello, ossia tamburro di Cupolino, benché esso sia aperto nel mezzo, pure non ponno le parti di esso dare in dentro, non potendosi esso restringere in sé medesimo, onde conviene che scendano giù con esso, aprendosi dove gli congiungono un distacco interiore simile a quello della cima della volta allora l'altra apertura dovrà farsi più giù e più vicina all'imposta. Ivi le parti della volta dovranno pure dare in fuori: conviene anche che si faccia una terza apertura in fondo al tamburro, e che esso giri in fuori sull'angolo esteriore, strapiombando così, come quei pilastri nel caso dell'arco semplice.

45. Ove la fabbrica è formata di calce e mattoni invece delle aperture orizzontali fatte in que' siti precisi, succede per l'ordinario che si abbia una serie di compressioni continuate da una parte e dilatazioni piccole dall'altra, che compensi dette aperture e introduca talvolta ancora un'incurvatura. Così spesso in tali fabbriche si vedono pendenti ed incurvati i muri senza sensibile apertura orizzontale dalla parte interna benché le verticali nelle fabbriche tonde si vedono sempre, e sempre più dilatate continuamente coll'andare su fino alla massima perturberanza.

46. Questo appunto è seguito nella fabbrica di S. Pietro in cui i muri di tamburro si sono trovati tutti pendenti in fuori e con aperture verticali e nella parte interna formata di calce e mattoni, non si sono veduti orizzontali indicanti le piegature, ma se ne sono veduti de' segni nelle sole commessure de' traversini, de' quali sono formati i pilastri di esso tamburro. Ivi in cima si sono veduti i distacchi de' costoloni del Cupolino e i costoloni e i spicchi hanno dato in fuori verso la loro impostatura in cima al tamburro, ove la somma delle spaccature verticali si trova di 24 onces di palmo romano, per le quali era cresciuta la circonferenza di quel gran circolo proporzionalmente all'incremento del suo raggio cresciuto col dar in fuori la cima del tamburro; ed ivi essendo tutta la volta e i costoloni di sotto si poté dalla mancanza delle corrispondenti aperture orizzontali arguire una compressione di parti.

47. Quando la Cupola non ha tamburro in cima al quale essa sia impostata, ma nasce immediatamente al pari delle resistenze laterali, che oppongono le navate, come

---

<sup>60</sup> Pannocchia.

accade qui<sup>61</sup>, non può darsi il movimento analogo al detto di sopra se non col fare che la più bassa apertura interiore segua ancor essa nell'arco, sicchè una parte inferiore dell'arco medesimo apertosi ivi giri intorno il cintone esterno immobile, andando infuori la sua cima insieme col fondo dell'altra parte superiore e la cima di questa apertasi di dentro e distaccato al Cupolino scenda giù con esso: oppure si può concepire, che invece di tre distacchi ve ne siano due solamente, uno in fondo verso l'imposta, e l'altra in cima verso il Cupolino, rimanendo l'angolo esterno, dell'arco che [61] sta tra le medesime aperture al suo luogo e girando in fuori la sua cima, mentre il Cupolino che l'ha cacciato in su, viene giù pel luogo lasciategli dall'apertura di quel come ricettacolo del cuneo, che, aggravato da esso Cupolino, discende con esso lui.

48. Ora considerando questi due movimenti relativamente a questa Fabbrica, la sua costruzione è tale, che il primo è affatto impossibile, come facilmente posso dimostrare, ed il secondo sarebbe stato pure assolutamente impossibile senza certe rotture più assai difficili a seguire, se il taglio dei marmi che formano i costoloni invece di guardare il centro dell'arco avesse avuta una direzione un po' più piegata verso la direzione orizzontale<sup>62</sup>. Nella presente costituzione<sup>63</sup> potrebbe aversi quel moto se il Cupolino fosse aggravato assai più di così. Ho trovato modo di calcolare le forze che agiscono ad indurre un tale movimento e le resistenze che lo impediscono nel caso in cui le resistenze medesime hanno il minimo rapporto a quelle forze ed ho trovato le resistenze assai superiori.

49. Trovo<sup>64</sup>, che il momento delle forze esercite dal peso della Cupola e Guglia per introdurre un tale movimento valutandosi a 10 milioni di libbre, la resistenza de' costoloni e contrafforti e degli altri annessi e connessi passa 17 milioni, e che la catena più bassa esercita una resistenza maggiore di 9 milioni e la più alta una resistenza maggiore di 14. Sicchè queste sole partite fanno una resistenza maggiore di 40 milioni più che quadrupla della forza contraria: eppure qui non si mette in conto la tenacità delle parti, che conviene distaccare, la quale pure è considerabile *e la quale sola ha tenuta per tanti anni in piedi la Cupola di S. Pietro*, contro tutto un grande sbilancio delle altre resistenze, finchè per impedire il continuato progresso dei distacchi, che andavano crescendo ad ogni nuova cagione accidentale<sup>65</sup>, si sono

---

<sup>61</sup> L'imposta della cupola si trova alla quota del terrazzo della chiesa. Le volte che sostengono il terrazzo con i pilastri sottostanti costituiscono un "insuperabile" elemento di contrasto alle spinte.

<sup>62</sup> Il taglio dei marmi all'attacco del cupolino è inclinato di circa 50° rispetto all'orizzontale.

<sup>63</sup> Nell'edizione Repishti: «costruzione».

<sup>64</sup> Vedi l'articolo sesto delle aggiunte. *Nota di Boscovich*.

<sup>65</sup> Forse Boscovich si riferisce a terremoti, cedimenti dei terreni e fulmini.



chiamati in ajuto i cerchioni di ferro sugli quali io conto assai: non si mette in conto l'altro telaro di catene di ferro, che vi sarà infallibilmente in cima dell'apparente tamburro secondo il N.° 17, il quale, stando in altezza maggiore di 30 braccia dal punto d'appoggio, fa esso solo una resistenza di 30 milioni; non si considera un altro capo ben grosso, ed è che in questo movimento invece di una apertura a cerniera correlativa a quello, che si è detto al N.° 10, la punta superiore dell'arco distaccato del Cupolino dovrebbe strisciare sul piano del cuneo aggravato da esso Cupolino e Guglia che insieme con queste moli dovrebbe discendere strisciandosi nello scendere su detta punta cacciata in su con moto circolare di rotazione intorno a quell'angolo dell'imposta, la qual cosa si vede facilmente quando uno si rappresenta all'occhio in una figura ben delineata l'immagine del movimento medesimo.

50. Ho poi considerato che cosa accaderebbe se queste due aperture invece di farsi in cima e in fondo a' costoloni si facesse in qualunque altro luogo, ed ho trovato che dappertutto la resistenza sarebbe maggiore rispetto alla forza che ne' due siti esposti e considerati in que' calcoli<sup>66</sup>.

51. Da tutto questo si vede quanto sia vantaggiosa per la solidità questa forma di costruzione e per questo tante fabbriche gotiche si sono rette in piedi tanto più facilmente dove le volte antiche, greche e romane quasi in tutti i grandiosi loro monumenti sono caduti coll'andar dei secoli o in tutto o in parte<sup>67</sup>.

52. Di fatto benchè già il Cupolino in questo sito eserciti quasi il doppio di quella forza, che eserciterà la Guglia con tutti li suoi annessi e connessi, ad ogni modo non si vede alcun indizio di principio, alcuno di movimento cagionato da una simile forza negli spicchi della volta e nel tamburro apparente. Vi sono que' marmi rotti per varj strati della intonacatura esteriore del tamburro medesimo espressi al N.° 22, ma io sono troppo convinto dal non essere quelle [62] aperture un effetto di queste forze. Esse aperture si vedono in un piccolo sito senza esservene alcune delle corrispondenti in altri siti all'intorno: esse non hanno alcuna corrispondenza al di dentro, dove un grandissimo numero di quelle della fabbrica di S. Pietro passerà tutta la grossezza del muro, e ve n'erano delle continue interne vicine. La forza non si esercita ivi, nè introduce alcun piegamento in quel sito; giacchè il movimento in fuori colla rottura in mezzo ai costoloni non è qui possibile come ho detto al N.° 48, e vi rimane solamente l'altro movimento in cui tutto insieme il contrafforto giri in fuori sull'angolo inferiore nel qual movimento quei marmi, che avrebbero più patito sarebbero stati que' del fondo di esso tamburro. Così nel tamburro di S. Pietro, che nella piegatura in fuori ha appoggiato tutto il peso su quell'angolo del fondo, i primi

---

<sup>66</sup> Qui Boscovich anticipa in qualche modo Coulomb e Mascheroni.

<sup>67</sup> Qui Boscovich assume una posizione a favore dell'architettura gotica forse anche in polemica con Paolo Frisi, suo concorrente scientifico e professionale a Milano, che era contrario all'erezione della guglia e fautore dell'architettura romanica.

due o tre ordini di travertini, che stanno al basso, mostrano de' peli verticali senza distacchi, non avendo retto all'enorme forza abbandonata tutta sul loro angolo ma tutti gli ordini superiori non hanno alcun pelo fuori delle grandi spaccature che passano attraverso a tutta la grossezza dei muri.

53. Esaminando d'onde possono essere provenute quelle aperture e vedendo insieme col celebre Padre Beccaria<sup>68</sup>, Professor di Torino, che le principali sono vicine alla Guglia fulminata più volte, ho sospettato insieme con esso, che vi possa avere avuto parte un qualche rame di quei fulmini buttatosi sù; mi hanno poi detto i vecchj lavoranti della fabbrica, che in varj siti delle intonacature di marmo si sono avuti di simili danni provenienti dalla poca esattezza di lavoro. Non spianano gli artefici esattamente le faccie, che devono rimanere orizzontali per poterle più facilmente adattare in opera. Quindi, senza, pigliarsi la dovuta pena, le mettono le une sulle altre empiendo i vani di calce. Così i pezzi appoggiano su pochi punti e reggono finchè non si è andato un pezzo in su con varj ordini strati, il peso de' quali scaricandosi inegualmente su que' vani fa rompere i pezzi, e in qualche luogo fa ancora fare un poco di panza. Ma il danno si estende per pochi strati, non ha corrispondenza col resto, non si estende all'interiore del muro e assetatosi al fine d'ogni cosa si ferma, rimanendo un male accidentale e locale senza conseguenza e senza indicare mali più essenziali.

54. Come finora non vi sono ne principj nè indizj di perniciosi effetti cagionati dallo forze, che premono verticalmente, o che spingono lateralmente la Cupola; così io sono persuaso, che non ve ne saranno neppure in appresso; sicchè son persuaso, che la *progettata mole potrà ben sussistere tanto in sè stessa, quanto relativamente al restante del Tempio*, come ho avanzato al N.º 11 esponendo i fondamenti sulli quali mi appoggio. Aggiungo solo una cosa ed è che tra forze resistenti io ho computate ancora quelle che devono fare le otto Guglie, le quali devono costruirsi sulli otto contrafforti e non sono costruite ancora. Se esse si costruissero prima della gran Guglia di mezzo e delle Gugliette contigue ad essa si avrà nel mettersi questo finimento una forza maggiore di contrasto; e le parti inferiori finite prima sempre contribuiscono a sostenere meglio la forza<sup>69</sup> delle superiori. Quanto sia il vantaggio di questa

---

<sup>68</sup> Beccaria nel 1764 fu chiamato a esprimere il suo "sentimento" sulla pericolosità dei fulmini e sul modo di proteggersi da essi. Si recò anche a Milano, nel settembre 1764, per un sopralluogo del Duomo. Si recò nuovamente a Milano nel 1770, per incontrare i delegati della Fabbrica del Duomo per discutere di un sistema di parafulmini. I deputati della Fabbrica però furono incapaci di prendere una decisione e alla morte di Beccaria, nel 1781, il Duomo era ancora privo di parafulmini (E. Proverbio, *Sulle ricerche elettriche di Giovanbattista Beccaria e sui suoi rapporti con Ruggiero Giuseppe Boscovich nelle applicazioni dell'elettricità naturale e artificiale*, cit.).

<sup>69</sup> Nell'edizione Repishti: «lo sforzo».

resistenza di più non è considerabile. Esse formano secondo i miei calcoli una resistenza di sole 100 mila libbre, mentre la resistenza totale, indipendentemente dalle catene di ferro, l'ho trovata maggiore di 17 milioni anzichè di 17 milioni, 200 mila libbre, il quale solo eccesso da me trascurato nel prendere il numero rotondo di 17 milioni è al doppio maggiore dell'effetto delle suddette piramidi, oltrechè colle catene che si vedono, la resistenza passa i 40 milioni, superando la forza che spinge di 30 milioni di libbre.

55. In questa guisa ho adempito al mio dovere, eseguendo i comandi di un ceto sì rispettabile. Mi resta solo di protestare di nuovo, che questo mio qualunque sentimento, benchè a me [63] sembri ben appoggiato, può in sè, medesimo esser fallace, ingannandomi io o ne' principi che assumo, o nelle deduzioni che no ricavo, e perciò supplico il Nobilissimo e Prudentissimo Capitolo a non fidarsi di esso mio sentimento, protestando sinceramente che per mio privato riguardo avrò assai più caro, che il medesimo non sia seguito, giacche io così non entro garante dell'esito, nè se per la mia ignoranza od inavvertenza siegua alcun sinistro accidente potrà mai attribuirsi a me la colpa, ed averne io un perpetuo inutile e tardo' rammarico.

Sottoscritto RUGGERO GIUSEPPE BOSCOWICH,  
della Compagnia di Gesù, lettore di Matematica nell'Università di Pavia.

#### AGGIUNTE PER ISCHIARIRE O GIUSTIFICARE VARI PASSI DELLA SCRITTURA.

Art. 1. Esposizione delle parti essenziali del gran Tempio appartenenti alle presenti ricerche su d'una pianta e due spaccati in misura.

» 2. Elementi de' calcoli per avere il peso assoluto delle varie parti e loro risultati.

» 3. Determinazione delle forze assolute delle catene (li ferro tanto ove agiscono in una retta quanto ove formino un telaro ottangolare.

» 4. Applicazione alla pianta e profili della posizione delle parti in ordine all'aggravare cd in ordine allo spingere lateralmente nella Guglia progettata e Cupolino.

» 5. Considerazione di diversi modi ne' quali fanno patire gli archi e le volte, applicazione di essi alla Cupola del Duomo di Milano ed esclusione di un modo comune in altri casi del caso presente colla teoria delle forze e resistenze per un altro caso, che si crede l'unico meritevole, di particolare esame.

» 6. Elementi di calcoli per avere il momento delle forze e resistenze in esso unico sistema di movimenti meritevole di esame particolare col risultato della resistenza almeno a quattro doppj maggiore della forza contraria.



## INDICE DEI NOMI

Questo indice si riferisce ai soli nomi citati nei testi di Boscovich. Il numero indica la pagina del testo nella nuova edizione offerta in questo volume; la lettera *n* in corsivo indica che il nome è citato nella nota al testo (la dicitura “e *n*” indica che il nome è citato sia nel testo sia in nota).

- Abbati Olivieri, Francesco, 87 e *n*, 121  
Alessandro VII, *al secolo* Fabio Chigi, 123 e *n*  
Baldinucci, Filippo, 94 e *n*, 95*n*, 96, 97, 123 e *n*, 125, 126*n*, 153, 154, 156, 157  
Barigioni, Filippo, 121*n*, 129, 131, 164  
Bernini, Gian Lorenzo, 94 e *n*, 95 e *n*, 96, 103, 123*n*, 126*n*, 158  
Blondel, François, 106*n*, 145*n*  
Bottari, Giovanni Gaetano, 121*n*, 125, 131  
Bramante, Donato di Angelo di Pascuccio *detto*, 155, 156, 158, 159  
Buonarroti, Michelangelo, 93 e *n*, 107, 116, 143, 146 e *n*, 147, 158, 159, 164, 166,  
Clemente VIII, *al secolo* Ippolito Aldobrandini, 93 e *n*,  
Colonna, Girolamo, 121  
Couplet, Claude-Antoine, 104*n*, 105 e *n*, 106*n*,  
Croce, Francesco, 247 e *n*  
De Revillas, Diego, 124 e *n*, 125, 131, 132*n*  
de' Rossi, Mattia, 94 e *n*  
de' Rossi, Giovanni Antonio, 94 e *n*  
Desgodetz, Antoine B., 145 e *n*  
Filandro, Guglielmo, 143 e *n*, 144 e *n*, 145, 146,  
Fontana, Carlo, 94 e *n*, 106*n*, 108*n*  
Giamberti da Sangallo, Antonio, *detto* il Vecchio, 144  
Giamberti da Sangallo, Giuliano, 144  
Innocenzo XI, *al secolo* Benedetto Odescalchi, 94 e *n*, 123  
La Hire, Philippe de, 102 e *n*, 104 e *n*, 105*n*, 106*n*, 145*n*, 149  
Maria Teresa d'Austria, 185 e *n*  
Musschenbroek, Pieter van, 109 e *n*  
Newton, Isaac, 102 e *n*  
Perrault, Claude, 144 e *n*, 145*n*, 146  
Picard, Jean, 102 e *n*,  
Poleni, Giovanni, 105*n*, 106*n*, 108*n*, 111*n*, 202, 203*n*, 249 e *n*  
Riccioli, Giovanni Battista, 109 e *n*  
Sangallo, Antonio da, Antonio Cordini *detto*, 155 e *n*, 156 e *n*  
Santini, Domenico Sante, 121*n*, 124*n*, 125*n*, 132*n*, 148*n*

Serlio, Sebastiano, 143*n*, 155 e *n*  
Sisto V, *al secolo* Felice Peretti, 93  
e *n*, 107, 166  
Urbano VIII, *al secolo* Maffeo  
Barberini, 94 e *n*

Vanvitelli, Luigi, 108*n*, 121*n*,  
127, 204 e *n*  
Vasari, Giorgio, 155, 156*n*, 159  
Velpiniani, 95

## INDICE DELLE OPERE CITATE

Il numero dopo le parentesi quadre indica la pagine del testo di Boscovich, riprodotto in questa nuova edizione, in cui l'opera è citata. Fra parentesi quadre compare il riferimento bibliografico.

BALDINUCCI, FILIPPO

*Vita del Cavalier Gio. Lorenzo Bernino, scultore, architetto e pittore scritta da Filippo Baldinucci fiorentino alla sacra e reale maestra Cristina regina di Svezia* [Stamperia Vincenzo Vangelisti, Firenze 1682], 94, 95, 96, 97, 123, 125, 126, 157

COUPLET, CLAUDE-ANTOINE

*De la poussée des voûtes* [«Mémoires de l'Académie Royale des Sciences» (1729), Paris 1731, pp. 79-117]; *Seconde partie de l'examen de la poussée des voûtes* [«Mémoires de l'Académie Royale des Sciences» (1730), 1732, pp. 117-141], 104, 106.

DESGODETZ, ANTOINE BABUTY

*Les edifices antiques de Rome dessinés et mesurés très exactement* [Theodore Besterman, Paris 1682], 145.

FILANDRO, GUGLIELMO

Marcus Vitruvius Pollio, *De architectura libri decem ad Caesarem Augustum, omnibus omnium editionibus longe emendatiores, collatis veteribus exemplis. Accesserunt, Gulielmi Philandri Castilioni, civis Romani annotationes castigatores & plus tertia parte locupletiores...* [Ioan. Tornaesium, Lione 1552], 143, 144, 145.

LA HIRE, PHILIPPE DE

*Traité de mécanique, ou l'on explique tout ce qui est nécessaire dans la pratique des arts, & les propriétés des corps pesants lesquelles ont un plus grand usage dans la physique* [Imprimerie Royale, Paris 1695], 104.

LA HIRE, PHILIPPE DE

*Sur la construction des voûtes dans les édifices* [«Mémoires de l'Académie Royale des Sciences» (1712), 1731 pp. 69-77], 106.

MUSSCHENBROEK, PIETER VAN

*Physicae experimentales et geometricae, dissertationes utet ephemerides* [Samuelem Luchtmans, Lugduni Batavorum 1729], 109.

PERRAULT, CLAUDE

*Les dix livres d'Architecture de Vitruve Claudius Perraultius* [Jean Baptiste Coignard, Paris 1684], 145.

POLENI, GIOVANNI

*Memorie istoriche della gran cupola del Tempio Vaticano e de' danni di essa, e de' ristoramenti loro, divise in libri cinque* [Stamperia del Seminario, Padova 1748], 249.

SANTINI, DOMENICO SANTE

*Risoluzione del dubbio proposto dal P. Abate Raviglia, e parere intorno alli contrafforti ed altri danni della cupola vaticana del P. Domenico Sante Santini* [Stamperia Pietro Rosati, Roma 1743], 124, 125, 132, 148

SERLIO, SEBASTIANO

*I sette libri dell'architettura* [Francesco de Franceschi, Venezia, 1584], 155.

VASARI, GIORGIO

*Le vite de' piú eccellenti architetti, pittori, et scultori italiani* [Lorenzo Torrentino, Firenze 1550], 155, 156, 159.



