

Dottorato di ricerca Architettura: Innovazione e patrimonio, XXIX ciclo
Consorzio Argonauti: Università degli Studi Roma Tre - Politecnico di Bari

Disegnare il Pantheon. **La pratica del rilievo nell'insegnamento accademico del XIX secolo** **e nel disegno digitale contemporaneo.**



Tutor: Marco Canciani **Co-tutor:** Elisabetta Pallottino, Gianpaolo Consoli.
Dottorando: Mauro Saccone.

alla mia famiglia: un punto fermo, sempre.

*La foto di copertina venne pubblicata sulla rivista LIFE e risale al 1925 in concomitanza con i lavori di restauro della cupola. La curiosità è che sul *magazine* americano il titolo alla foto è il seguente: “*The historic buildings of Rome need restoration, In the picture: a crack in a casket in St. Peter’s Cathedral, Photograph, Around 1925*”. Fonte: Imagno/Getty Images

Indice.

Introduzione.

- 1 Il Pantheon antico e moderno.p.12**
- 1.1 Il Pantheon antico e le sue interpretazioni.
 - 1.1.1 Le fonti antiche.
 - 1.1.2 il Pantheon pre-adrianeo.
 - 1.1.3 il Pantheon di Adriano.
- 1.2 L'architettura del Pantheon tra il VII e il XIX secolo.
 - 1.2.1 Da tempio a Chiesa: Santa Maria ad Martyres.
 - 1.2.2 Restauri e trasformazioni tra il X e il XIX sec.
- 1.3 Il Pantheon nei disegni di Rilievo tra il XV e il XVII secolo.

PARTE 1^a

Il rilievo dell'architettura antica tra il XVII e il XIX sec.

- 2 Il rilievo dell'architettura antica in Francia e in Italia. p.56**
- 2.1 La nascita dell'Académie Royale d'Architecture.
- 2.2 Antoine Desgodets, il rilievo per la misura e la proporzione.
- 2.3 L'Accademia di San Luca e il concorso Clementino del 1754.
- 2.4 Giovan Battista Piranesi e la formazione degli architetti in Italia tra 700 e 800.
- 2.5 Achille Leclère e i pensionnaires dell'Académie des Beaux-Arts tra Settecento e Ottocento.
- 2.6 George Chedanne e l'Académie des Beaux-Arts nella seconda metà dell'Ottocento.
- 2.7 Luca Beltrami e Pier Olinto Armanini, la formazione in Italia nel XIX sec.
- 2.8 Rilievo, rappresentazione e metrologia.
 - 2.8.1 Metodi e strumenti per il rilievo dell'architettura
 - 2.8.2 La rappresentazione nel secolo di Monge.
 - 2.8.3 Le unità di misura antropomorfe e il metro.

- 3 I rilievi del Pantheon tra il XVII e XIX sec.p.98**
- 3.1 La rappresentazione del Pantheon: le piante.
- 3.2 Le sezioni.
- 3.3 I prospetti.
- 3.4 Ordini e dettagli architettonici.

PARTE 2ª

Il rilievo dell'architettura antica: nuovi metodi e strumenti.

4 Metodologie contemporanee di rilievo per il restauro e l'archeologia. ...p.152

- 4.1 Il rilievo integrato: il nuovo rilievo del Pantheon.
- 4.2 Il rilievo a scansione laser.
- 4.3 Il rilievo fotogrammetrico.
 - 4.3.1 L'acquisizione delle immagini.
 - 4.3.2 Orientamento delle immagini fotografiche.
 - 4.3.3 *Dense image matching*.
 - 4.3.4 Orientamento, scala e verifica della nuvola di punti.

5 Il rilievo 3D del Pantheon.p.172

- 5.1 Il modello per la misura.
 - 5.1.1 Il corpo cilindrico del Pantheon: le sezioni orizzontali.
 - 5.1.2 La cupola del Pantheon: sezioni orizzontali, verticali e polari.
- 5.2 Il modello per la rappresentazione.
 - 5.2.1 Il modello non-fotorealistico: le piante e le sezioni del Pantheon
 - 5.2.2 Il modello fotorealistico: il prospetto del Pantheon.
- 5.3 Il modello geometrico.
 - 5.3.1 Il modello geometrico localmente adattato o parametrico.
- 5.4 Il modello aumentato.
 - 5.4.1 Modelli e dati: GIS 3D e ontologie.
 - 5.4.2 La realtà aumentata come strumento di conoscenza.

PARTE 3ª

Lo studio dell'architettura antica: il Pantheon tra i rilievi del XIX sec e i disegni digitali.

6	L'analisi tematica.	p.216
6.1	Geometria, forma e dimensioni.	
6.1.1	I disegni del Pantheon e le scale di rappresentazione.	
6.1.2	La pianta del Pantheon tra forma e dimensione.	
6.1.3	Analisi della pianta sulle unità metriche antiche.	
6.1.4	La divisione della cupola in 28 parti.	
6.1.5	Il diametro ed il centro della sfera.	
6.2	Disegno dei cassettoni.	
6.2.1	Il disegno tra percezione e costruzione.	
6.3	La costruzione della cupola.	
6.3.1	Pieni e vuoti: le piante.	
6.3.2	Il modello tridimensionale per lo studio della costruzione.	
6.4	Il disegno di dettaglio: metrologia e misura nell'architettura del Pantheon.	
7	Conclusioni.	p.296
8	Appendici.	
8.1	I disegni del Pantheon dal 1470 al 1892.	p.302
8.2	Bibliografia.	p.430
9	Allegato: Tavole in grande formato	

Introduzione.

Il presente studio sui disegni di rilievo del Pantheon trae origine da orizzonti comuni di ricerca definiti all'interno della scuola dottorale, in particolare risponde alla volontà di mettere in atto una ricerca interdisciplinare tra disegno, restauro e storia dell'architettura. Nel solco della continuità con le ricerche avviate dai dipartimenti di Architettura del Politecnico di Bari e dell'Università degli studi Roma Tre, è stato individuato il tema del disegno di rilievo come strumento per lo studio del patrimonio architettonico.

L'obiettivo della ricerca è il confronto tra i metodi di rilievo e rappresentazione delle accademie italiane e francesi tra il XVI e il XIX secolo. Un percorso di conoscenza che si realizza attraverso il confronto dei disegni di rilievo del Pantheon e che ci consente di individuare alcune tematiche trasversali agli autori e di formulare una serie di considerazioni. Le considerazioni riguardano i confronti tra i disegni, le tematiche riguardano il Pantheon e alcune sue caratteristiche specifiche che ci danno l'opportunità di formulare nuove ipotesi interpretative con l'ausilio dei più recenti studi e il supporto del nuovo rilievo realizzato con strumenti digitali contemporanei.

Il metodo adottato è l'analisi specifica e puntuale dei principali disegni di rilievo del Pantheon tra il XVII e il XIX secolo attraverso i rilievi e i disegni prodotti con gli attuali strumenti digitali.

L'articolazione del testo prevede un'introduzione all'oggetto di studio, una sintesi ragionata dello stato delle ricerche sul Pantheon, finalizzata, da un lato alla conoscenza del monumento, dall'altro a evidenziare alcuni temi legati alla storia del monumento che si riflette nei disegni di rilievo. Nel dar conto delle principali trasformazioni del Pantheon dall'epoca della sua costruzione al XIX

secolo, si vogliono descrivere non soltanto le modifiche apportate nel corso dei secoli, ma soprattutto, lo stato del monumento che Desgodetz, Piranesi, e, successivamente, i *pensionnaires* dell'*Académie des Beaux-Arts* si trovano a rilevare e documentare. L'obiettivo è quello di mettere in evidenza l'interpretazione che i diversi autori danno del Pantheon e quale aspetto intendono rappresentare. L'intento è comprendere come, attraverso i disegni e le differenti tecniche di rappresentazione, vengano messi in risalto di volta in volta: il monumento antico, il modulo e le proporzioni; il risultato di nuovi scavi; la geometria e la forma; gli aspetti costruttivi; ecc. ecc.

Subito dopo quest'introduzione inizia la "**Prima Parte**", nella quale viene analizzato il ruolo delle accademie italiane e francesi nella formazione degli architetti e nella produzione di disegni di rilievo. Sia attraverso la lettura dei programmi formativi e dei corsi, sia analizzando i regolamenti degli *Envois*. Tra il XVII e il XIX secolo nascono le prime accademie, si trasformano i programmi di insegnamento per allievi architetti, cambiano gli strumenti per il rilievo, i metodi di rappresentazione e si assiste al passaggio tra le unità di misura antropomorfe e il sistema metrico decimale. A tutti questi temi è stato dedicato uno studio per esaminare il contesto culturale entro il quale operano gli autori dei rilievi.

Una volta descritti l'oggetto di studio e il contesto vengono presentati i disegni di rilievo. Non soltanto seguendo la loro progressione temporale, ma anche definendo alcuni temi principali che emergono dalla loro analisi. La lettura attenta delle opere, favorita dalla possibilità di confrontarsi, con gli originali ancora custoditi presso l'*Académie des Beaux-Arts* e l'Accademia di San Luca, ha suggerito di studiare i disegni in relazione a:

1 – le piante, che esprimono la rappresentazione dell'architettura, ovvero quale Pantheon viene disegnato: il monumento antico, la chiesa di Santa Maria ad Martyres o una versione ibrida tra le due fasi storiche; 2 – le sezioni, che evidenziano talvolta i temi della costruzione della cupola, talvolta il disegno dei

cassettoni, talvolta le trasformazioni subite dal monumento durante i restauri; 3 – i prospetti, che propongono sia lo studio delle tracce del passato per la comprensione dell'antico tempio, sia lo stato di conservazione del monumento in quel preciso momento storico; 4 – i disegni di dettaglio, che rimandando alla tradizione della trattatistica mostrando interi elaborati dedicati a particolari come capitelli, basi e ordini disegnati con una particolare attenzione alla proporzione delle singole parti nel tutto.

Nella "**Seconda Parte**" si riportano le attività di rilievo con strumenti digitali. I metodi utilizzati, quali fotogrammetria e scansione laser, vengono illustrati presentando il nuovo rilievo del Pantheon. In questi capitoli sono esposti i risultati dell'attività di rilevamento attraverso l'uso di piante, sezioni e modelli, che saranno alla base delle successive analisi del monumento. In particolare il metodo prevede l'uso di modelli tridimensionali con caratteristiche diverse in funzione dell'obiettivo preposto: i modelli per la misura, i modelli per la rappresentazione, i modelli geometrici e i modelli aumentati.

Nella "**Terza Parte**" vengono messi a confronto i disegni di rilievo con l'ausilio dei nuovi disegni digitali. Accanto agli elaborati prodotti dalle accademie francesi e italiane e a quelli prodotti *ad hoc*, vengono illustrati disegni e rilievi di autori contemporanei che trattano alcuni temi specifici: 1 - geometria, forma e dimensioni del tempio; 2 - la divisione della cupola in 28 parti per realizzare il cassettonato; 3 - il disegno dei cassettoni, che indaga intorno alle ragioni costruttive e percettive che ne hanno determinato le geometrie; 4 – la costruzione della rotonda e della cupola e i problemi strutturali che ne hanno determinato alcune fasi della realizzazione; 5 - il disegno di dettaglio che mette a confronto geometria, misura e conoscenza dell'antico.

Questi confronti permettono di analizzare puntualmente i disegni di rilievo e, contemporaneamente, di confermare o meno ipotesi e interpretazioni di uno dei più importanti monumenti del patrimonio culturale italiano.

Ringraziamenti.

Al mio relatore, Marco Canciani, che ha indirizzato, spronato e sostenuto questo lavoro anche quando era molto difficile farlo. Ai miei due correlatori la prof.ssa Pallottino ed il prof. Consoli, che con pazienza hanno guidato questa ricerca in aree disciplinari lontane da quelle a me più familiari. Al collegio dei docenti del dottorato, che ha saputo incoraggiare la ricerca in un ambito interdisciplinare, ricco di stimoli. Ai proff. Cellini e D'Amato, che con la loro visione di una scuola dottorale hanno realizzato un fertile ambiente di lavoro, di ricerca e di studio. A Corrado Falcolini, che ha accompagnato e interpretato matematicamente molte delle domande sulla forma e sulla geometria che attraversano questo testo. A Pierre Drap, che mi ha accolto in quella che ormai è la mia seconda casa d'oltralpe, offrendomi uno sguardo interdisciplinare e un palcoscenico internazionale. A Giovanna Spadafora, cui devo l'immagine di copertina, e Laura Farroni, che mi hanno aiutato a sciogliere alcune perplessità e dubbi iniziali. A Francesca Romana Stabile, che ha sempre trovato il modo di darmi qualche suggerimento e consiglio. A tutti gli amici che in questi anni ho tediato con le parole "devo ancora consegnare la tesi" ed in particolare a Simona e Alessandra che in più hanno avuto l'onere di leggerla e commentarla. A Lorenzo che con grande sacrificio mi ha aiutato nell'ardua impresa di immortalare un monumento tra i più affollati della capitale.

A tutta la mia famiglia che mi ha sopportato e supportato con pazienza ho già dedicato questo volume, ma voglio qui ringraziare mia madre e mia zia Evelyn, per le traduzioni dal tedesco all'italiano di molti dei brani che ho citato e mio padre per la lettura finale alla ricerca di refusi. A me, perché, dopotutto, me lo merito.

Capitolo 1
IL PANTHEON ANTICO E MODERNO



1.1 Il Pantheon antico: studi e interpretazioni.

Archetipo dell'architettura, modello di ogni spazio a pianta centrale, il Pantheon è forse l'unico edificio antico che è sempre rimasto in funzione fin dall'antichità. Se del suo passato più recente siamo in grado di ricostruire la storia, anche grazie agli studi, alle descrizioni e ai disegni che ritraggono le sue trasformazioni, più complessa è invece ai nostri occhi la ricostruzione dei primi secoli di vita del tempio antico. Partendo dalla lettura delle evidenze archeologiche¹, si vuole dare conto delle principali fasi di vita del monumento e dei più recenti studi sul periodo che va dalla sua fondazione in età augustea fino agli interventi di Traiano e Adriano. Tra il XVII e il XIX secolo la storia del Pantheon antico si è arricchita di nuove conoscenze anche grazie al lavoro di rilievo di Desgodets, Leclère, Beltrami, Armanini e Chedanne. Conoscere la storia del tempio e la storia delle sue interpretazioni, è di fondamentale importanza per comprendere il contributo dei disegni di rilievo analizzati nei capitoli successivi.

1.1.1 Le fonti antiche.

Il mondo antico ci ha lasciato alcune fonti testuali sul Pantheon, la più evidente si trova sul fregio della trabeazione sopra il grande portico colonnato e recita: M(ARCUS) AGRIPPA L(UCI) F(ILIVS) CO(N)S(UL) TERTIVM FECIT². La semplicità di questa dichiarazione è in contrasto con la complessa serie di interpretazioni delle fonti che descrivono il Pantheon antico. Nell'iscrizione si fa riferimento a Marco Vipsanio Agrippa, generale, *aediles*, amico e genero dell'imperatore Ottaviano Augusto, nato tra il 63 e il 62³ a.C. L'aspetto che più ci riguarda da vicino della sua vita è l'opera di monumentalizzazione del Campo Marzio. Fatta salva l'area dedicata alle esercitazioni militari (il *Campus Agrippae*), realizza cloache, piscine, numerosi edifici tra cui la *Basilica Neptuni*, il grande complesso delle terme e tra il 27 e il 25 a.C., il Pantheon.

¹ Grazie agli scavi condotti tra il 1995 e il 1997 da Paola Virgili e Paola Battistelli e agli studi di Fulvio Cairoli Giuliani, Eugenio La Rocca, Lise Hetland, Gerd Heene, Mark Wilson Jones e Adam Ziolkowsky.

² Marcus Agrippa, figlio di Lucio, lo eresse nell'anno del suo terzo consolato.

³ Roddaz 1984, p. 24.



Figura 1 - Pantheon, prospetto nord. - Il fregio della trabeazione con l'iscrizione originale di dedica a Marco Agrippa.

Il Pantheon di Agrippa è descritto da almeno due fonti antiche, prima delle innumerevoli trasformazioni, restauri e rifacimenti avvenute nei secoli successivi a causa di incendi e fulmini. La prima viene dagli *Acta Fratrum Arvalium*⁴ e ci racconta di un episodio svoltosi nel 59 d.C. all'interno del Pantheon, la seconda è la Storia Naturale di Plinio il Vecchio, databile tra 77 e il 78 d.C. che descrive la presenza di capitelli in bronzo provenienti da Siracusa, cariatidi tra le parti portanti, figure nel timpano. Ci dice inoltre che il tempio sarebbe stato decorato da Diogene di Atene e che una delle perle di Cleopatra ornava i lobi della statua di Venere nel Pantheon⁵.

La successiva fonte, traccia materiale, scolpita a chiare lettere sull'architrave ci conduce direttamente al 202 d.C., in età severiana⁶, IMP(ERATOR) CAES(AR) L(UCIUS) SEPTIMIUS SEVERVS PIVS PERTINAX ARABICVS ADIABENICVS PARTHICVS MAXIMVS PONTIF(EX) MAX(IMUS)

⁴ CIL 1970, VI 2041, Henzen et al 1876.

⁵ Fine Licht 1968, p.183.

⁶ Fine Licht 1968, p.180.

TRIB(UNUS) POTEST X IMP(ERATOR) XI CO(N)S(UL) III P P
 PROCO(N)S(UL) ET
 IMP CAES(AR) M(ARCUS) AVRELIVS ANTONINVS PIVS FELIX
 AVG(USTUS) TRIB(UNUS) POTEST V CO(N)S(UL) PROCO(N)S(UL)
 PANTHEVM VETVSTATE CORRVP(T)VM CVM OMNI CVLTV
 RESTITVERVNT⁷. In questi 130 anni il tempio ha subito incendi, trasformazioni
 e ricostruzioni. L'edificio restaurato da Settimio Severo e da Caracalla non è più
 il Pantheon di Agrippa⁸. Il racconto di questi interventi e restauri è affidato a
 Dione Cassio che nella sua Storia Romana del 229 descrive dettagliatamente il
 tempio, la sua copertura a volta che assomiglia alla volta celeste e le tante statue
 al suo interno tra cui quelle di Marte e Venere⁹. Come evidenziato dalle analisi
 di Susanna Pasquali¹⁰, nel suo testo Dione introduce un elemento che sarà motivo
 di dibattito fino ad oggi: racconta che è Agrippa nel 25 a.C. a completare il
 Pantheon e contemporaneamente ne descrive la volta. Questa associazione tra il
 tempio costruito da Agrippa e il Pantheon giunto fino a noi, caratterizzato dalla
 maestosa volta, influenzerà tutti gli studiosi almeno fino agli scavi di Beltrami e
 Armanini del 1892¹¹.

Dagli scritti di Dione Cassio emergono però altre notizie interessanti, fin dal 22
 a.C. tempeste di fulmini causano danneggiamenti alle statue, nell'80 d.C. un
 grande incendio¹² coinvolge molti templi, le adiacenti terme di Agrippa e il
 Pantheon stesso. L'evento storicamente più rilevante risulta dalle cronache di

⁷ Posta nel 202, l'iscrizione riferisce che l'imperatore Settimio Severo e suo figlio Caracalla restaurarono nel 202 d. C il Pantheon ripristinando le pratiche di culto che in esso si svolgevano.

⁸ Marder-Wilson Jones 2015, p.7.

⁹ “[Agrippa] completò l'edificio chiamato Pantheon. Ha questo nome, forse perché ricevette tra le immagini che lo decoravano le statue di molti dei, inclusi Marte e Venere, ma la mia opinione sul nome è che, dal momento che ha una copertura a volta, rassomiglia al cielo. Agrippa, da parte sua, voleva collocarvi una statua di Augusto anche e offrirgli l'onore d'averne una struttura a lui intitolata, ma quando l'imperatore non volle accettare quest'onore, collocò nel stempio una statua del primo Cesare e nel portico la statua di Augusto e la sua.” Cassio Dione, Coccejano. Istorie romane. L III, 27. Il testo di Dione Cassio rivela numerosi altri aspetti del rapporto tra Agrippa e Augusto, in piena tradizione ellenistica Agrippa vorrebbe dedicare il tempio al suo imperatore mentre è ancora in vita, vorrebbe creare un *Augusteion*, ma in seguito al rifiuto di Augusto lascia il posto tra gli dei al padre adottivo e posiziona le statue nel portico. La Rocca 2015a, p. 52.

¹⁰ Pasquali 1996, p.6.

¹¹ Pasquali 1996, p.3.

¹² In seguito a questo evento le cronache (*Chronographus anni 354*) annoverano il Pantheon tra gli edifici “fabricatae” dall'imperatore Domiziano ma dell'incendio e di questo intervento non vi sono tracce evidenti. La Rocca 2015a, p. 62. Hetland 2015, p.81.

Paolo Orosio che nel IV secolo descrive un incendio generato da un fulmine risalente al 110¹³, a seguito del quale il Pantheon di Agrippa verrà interamente ricostruito.

L'intervento che segue quest'ultimo incendio trova riscontro nelle fonti antiche. A metà del IV secolo gli *Scriptores Historia Augustea* parlando dell'imperatore Adriano riportano: "cum opera ubique infinita fecisset, numquam ipse nisi in Traiani patris templo nomen suum scripsit. Romae instauravit Pantheon, Septa, Basilicam Neptuni [...] eaque omnia propriis auctorum nominibus consecravit. [...]"¹⁴. Pertanto, stando alla lettura delle fonti antiche, sembrerebbe che fu Agrippa a realizzare il Pantheon e Adriano si limitò ad un semplice restauro in seguito al quale, come per gli altri edifici, lo dedicò al suo costruttore originario. Al contrario, gli studi più recenti ci confermano che si tratta, come vedremo, di due edifici distinti: un Pantheon fatto erigere da Agrippa per l'imperatore Augusto e quello di Adriano¹⁵.

¹³ Orosius, Paolo. *Historiae adversum paganos* VII 12,5 in Fine Licht 1968, p.182.

¹⁴ "Costruì innumerevoli edifici pubblici in ogni luogo, ma in nessuno, tranne il tempio dedicato al padre Traiano, scrisse il suo nome. A Roma restaurò il Pantheon, i Septa, la Basilica di Nettuno, e li dedicò ai costruttori originali." *Scriptores Historiae Augustea*, Hadrianus XIX (Aurelio Spartianus) in: De Fine Licht, op. cit., p.182. Occorre far notare che sempre nella stessa *Historia Augustea*, Iulius Capitolinus. *Vita Antonini Pii*, libro VIII, si fa riferimento ad un *templum Agrippae*, che sarebbe stato terminato da Antonio Pio. "Opera eius haec extant: Romae templum Hadriani honori patris dicatum, Graecostadium post incendium restitutum, instauratum amphitheatrum, sepulchrum Hadriani, templum Agrippae, pons Sublicius;"

¹⁵ Identificando con questo nome l'edificio attualmente visibile, probabilmente terminato dall'imperatore Adriano ma, con buona probabilità, iniziato dal suo predecessore Traiano e dal suo architetto Apollodoro di Damasco. Cairoli Giuliani 2014, Hetland 2015, La Rocca 2015b, Wilson Jones 2015.

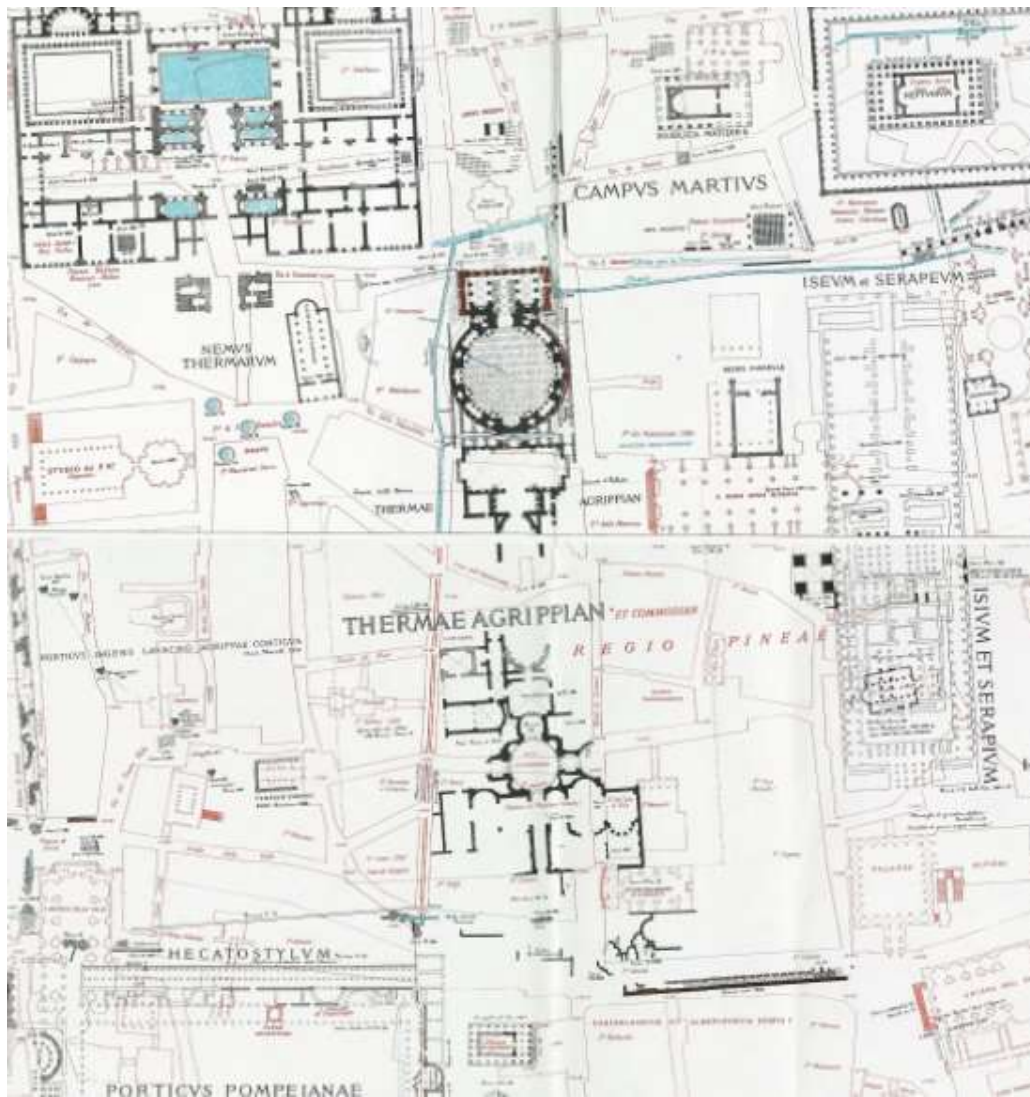


Figura 2 - Forma Urbis Romae - R. Lanciani 1893-1901 - L'area del Campo Marzio, in alto il Pantheon e in basso le terme di Agrippa.

1.1.2 Il Pantheon pre-adrianeo.

Nonostante i più recenti studi abbiano chiarito l'esistenza di due edifici distinti¹⁶, la maggior parte degli umanisti rinascimentali che guardavano al monumento cercando di ritrovare in esso le descrizioni delle fonti antiche¹⁷ credevano di osservare il Pantheon di Agrippa. Alla stessa conclusione erano giunti: all'inizio dell'Ottocento l'avvocato Carlo Fea¹⁸, commissario alle antichità di Roma per papa Pio VII; più tardi l'ingegner Giuseppe Cozzo¹⁹ e più recentemente l'architetto Giovanni Belardi²⁰.

Proprio a seguito delle più recenti ricerche che tendono a distinguere due edifici che mantengono lo stesso nome e lo stesso sedime, si daranno delle indicazioni sul Pantheon pre-adrianeo riportando le diverse interpretazioni sul primo dei due monumenti edificato nell'area.

La teoria elaborata da Cozzo viene citata non tanto per le sue conclusioni, quanto poiché si confronta con i risultati degli scavi di Luca Beltrami e Pier Olinto Armanini del 1892-93 contestandone i risultati, a partire dalle fondazioni²¹,

¹⁶ Il primo realizzato tra il 27 e il 25 a.C. per volere di Agrippa e il secondo, quello giunto fino a noi, iniziato tra il 114 e il 116 d.C. sotto l'imperatore Traiano e completato da Adriano. Hetland 2015, Marder 2015, La Rocca 2015b, Grasshoff-Heinzelmann-Wäfler 2008.

¹⁷ Pasquali 1996, pp.6-7.

¹⁸ Fea 1820.

¹⁹ Il lavoro di Cozzo pubblicato prima nel 1928 e poi nel 1929, viene citato poiché si contrappone alle conclusioni di Luca Beltrami, Pier Olinto Armanini e Georges Chedanne, dei quali si analizzeranno nel dettaglio i disegni realizzati durante la campagna di scavi tra il 1892 e il 1893. Il testo di Cozzo prende in esame i risultati degli scavi contestandone le conclusioni.

²⁰ L'arch. Giovanni Belardi è stato Direttore e Conservatore del Pantheon dal 1995 e ha progettato e diretto oltre un decennio di interventi e restauri.

²¹ La rotonda ha fondazioni indipendenti. Le fondazioni della rotonda sono realizzate con "un largo anello di calcestruzzo tenacissimo, di scaglie di travertino impastate con malta di calce e pozzolana, il quale aveva uno spessore tra gli otto e nove metri, con una risega esterna [...]. La profondità a cui giunge questa fondazione non fu possibile accertare ma, particolare interessante, fu constatato che per eseguirla fu dovuto tagliare la platea di tufo rinvenuta [...]." Cozzo 1970, p.267-268; L'avancorpo e il portico sono stati realizzati contemporaneamente. "Un piccolo cavo d'indagine [...] assodò per l'avancorpo una fondazione simile a quella della rotonda, in calcestruzzo di travertino [...]. Ogni fila di colonne del porticato, parallelamente all'asse del tempio, aveva, [...] una propria fondazione continua eseguita preventivamente entro

passando per le murature²², per finire con le cornici²³. Secondo Cozzo, il Pantheon avrebbe avuto originariamente un ingresso a sud, attraverso un atrio maestoso confuso con il Laconico delle terme di Agrippa²⁴.

Le considerazioni di Cozzo, insieme a quelle di Fea, Lanciani, Colini e Gismondi²⁵, saranno riprese e rielaborate da Belardi che però formula una diversa interpretazione del monumento: il Pantheon sarebbe stato in origine un ambiente termale direttamente connesso alla Basilica Neptuni, e avrebbe avuto la funzione di *calidarium* delle terme di Agrippa²⁶.

La maggior parte degli studiosi contemporanei non condivide questa interpretazione e converge sulla teoria che il Pantheon di Agrippa non sia lo stesso edificio che si è conservato fino ad oggi. Nonostante alcune differenze tra loro, gli studi di Mark Wilson Jones, Eugenio La Rocca, Lise Hetland, Adam Ziolkowski²⁷, convengono che il Pantheon di Agrippa sia stato radicalmente trasformato da successivi interventi tra il 114 e il 125 sotto gli imperatori Traiano e Adriano.

terra [...] questa fondazione non si arrestava in corrispondenza di quella di calcestruzzo dell'avancorpo, ma si inoltrava nel suo interno [...]” Cozzo 1970, p.265.

²² “Le murature in elevazione dell'avancorpo sono solo saltuariamente legate a quelle della cella rotonda, e ciò è più evidente all'esterno, specialmente sopra la prima cornice laterizia della rotonda stessa. Nell'interno, in corrispondenza delle scalette comprese nei due piloni laterali dell'avancorpo, la muratura risulta più o meno legata, sia con opportuni rincassi sia con evidenti riprese; in molti punti e così netta e così chiara la preesistenza della cortina rotonda, che, in corrispondenza dello spessore delle pareti dell'avancorpo che vi sono addossate, è ancora visibile l'antica tinta rossa che originariamente copriva la parete esterna circolare del tempio.” Cozzo 1929, p. 296.

²³ “La dimostrazione che, diversamente da tutte le altre strutture addossate al Pantheon, questo [a sud] con la supposta sala termale e le strutture ricoprenti il breve e stretto corridoio che le divideva erano un tutto originariamente e organicamente completo e costruttivamente unito, ci è dato dal fatto che la prima cornice di laterizio della rotonda dopo aver girato nei piedritti di risalto, servì a formare la line d'imposto della volta che copriva il corridoio intermedio.” Cozzo 1970, p.284.

²⁴ “[...] la sala ritenuta fino ad ora il Laconico delle Terme Agrippiane non era perciò, in principio, che l'atrio maestoso del tempio”. Cozzo 1970, p.285.

²⁵ I rapporti sugli scavi archeologici e le considerazioni sui risultati degli stessi sono oggetto di numerose pubblicazioni che spesso tendono a confutare i lavori precedenti. Nel caso del Pantheon gli studi più importanti analizzati in questo testo sono: Lanciani 1882; Colini-Gismondi 1926.

²⁶ Belardi 2006, p.40.

²⁷ Hetland 2015; La Rocca 2015a; Wilson Jones 2013; Ziolkowski 2008.

Quale era allora l'aspetto del Pantheon di Agrippa? Intorno a questo tema sono sorte innumerevoli ipotesi ma prima di esporle è opportuno riportare i dati archeologici da cui derivano. Gli scavi effettuati dal Lanciani nel 1880, quelli di Beltrami del 1892 e le più recenti campagne di scavo del 1995-97 condotte da Paola Virgili²⁸, ci consentono di individuare alcuni elementi condivisi da più studiosi a proposito della fase pre-adrianea dell'area del Pantheon.

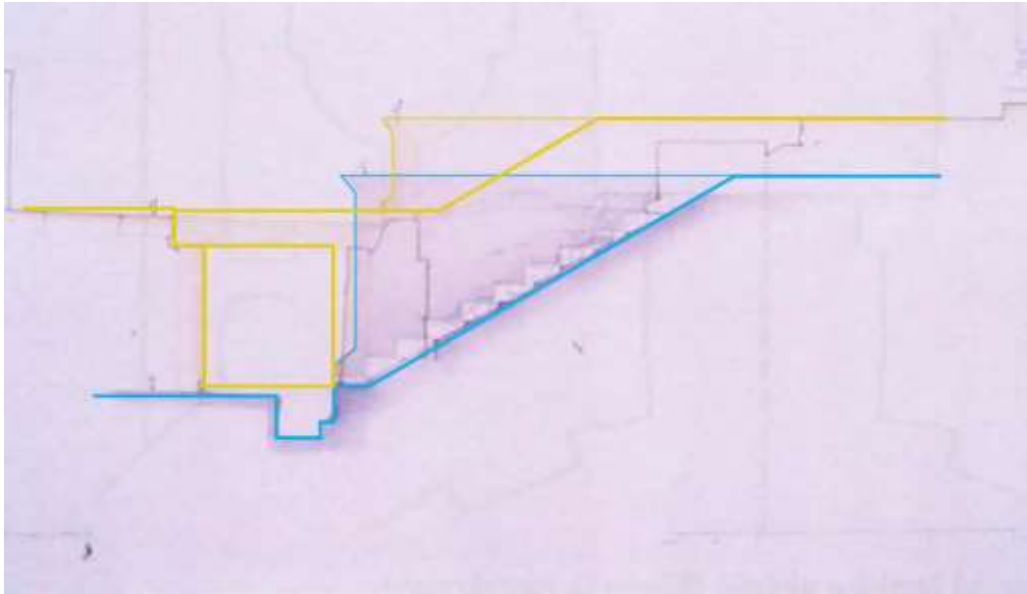


Figura 3 - Sezione del podio augusteo a confronto con quello adrianeo - G. Ioppolo 1997 - Nella sezione sono rappresentate in blu le quote augustee della piazza, della scalinata e del podio. L'innalzamento della quota della città al tempo di Traiano e Adriano, e i frequenti allagamenti inducono la sovrelevazione del podio e la realizzazione di una grande cloaca (in giallo).

Il Pantheon pre-adrianeo, sorto in una zona alluvionale, periodicamente inondata dalle piene del Tevere, aveva una quota originaria inferiore a quella attuale. Gli scavi condotti da Beltrami nel 1892 all'interno della rotonda, sotto il pavimento attuale, descrivono due differenti basamenti di tufo. Il più basso, a quota -3,15 m, è identificato con il livello augusteo²⁹, ha uno spessore di 120 cm e poggia su terreno alluvionale³⁰. Il livello intermedio, a quota -2,15 m, attribuito a lavori domiziane³¹, è costituito da un masso di tufo dello spessore di circa 30 cm con tracce di una pavimentazione in pavonazzetto e andamento est-ovest tagliato

²⁸ Virgili-Battistelli 1999.

²⁹ Ziolkowski 2008, p.30.

³⁰ Beltrami 1898, p.38; La Rocca 2015a, p.55.

³¹ Ziolkowski 2008, p.30.

dalla fondazione del muro della rotonda³². Tra i due livelli è stato ritrovato terreno di riporto e un mattone con bollo databile all'inizio del primo secolo che avvalorava la tesi del rifacimento domiziano³³.

Nella zona del portico e della piazza antistante, gli scavi del 1892-93 e soprattutto i nuovi scavi del 1995-97, dimostrano la presenza di due livelli sovrapposti, il pavimento attuale identificato con la quota adrianea e uno inferiore a circa 1,5 m attribuibile alla fase augustea³⁴ (Figura 3). La quota adrianea è visibile solo in parte, al di sotto del piano stradale sono celati un podio largo 20 m che aggetta più di 7 m dalla fronte del colonnato e ai lati due scalinate con fontane.

Le due scale adriane, composte di 7 scalini, terminano su una piazza lastricata dotata di una cloaca che corre lungo tutto il fronte del portico. La quota augustea ribatte esattamente la stessa sequenza ma si differenzia per un podio più alto, con 11 scalini, e per l'assenza di fontane ai lati³⁵ (Figura 4).

In entrambe le fasi il perimetro della rotonda resta pressoché invariato, cambia invece quello del portico. Il podio adrianeo è più stretto di quello augusteo, che doveva ospitare 10 colonne e gli scavi di Beltrami portano alla luce l'esistenza di un muro rivestito con blocchi di travertino dello spessore di circa 3m ad est, ad ovest e a sud del portico. A nord in corrispondenza del fronte si trovano fondazioni discontinue, *pilae*, sempre in travertino, su cui si impostano le colonne adriane. Il muro si estende 4,85 m oltre le colonne esterne, gira tutto intorno al portico sia sul lato ovest sia su quello est ed è tangente, a sud, con la circonferenza esterna della rotonda³⁶. Il tempio adrianeo si adatta alla nuova quota della città, la piazza adrianea è 2 m più alta di quella augustea, e riutilizza le costruzioni sottostanti come fondazioni. Ad esempio il muro con blocchi di travertino che gira tutto intorno al portico³⁷, viene sopraelevato e accoglie le basi del nuovo colonnato ottastilo. Che il perimetro della rotonda sia stato conservato nelle diverse fasi, al contrario, è dimostrato anche dalla presenza, tutto intorno al muro

³² Beltrami 1898, p.39.

³³ Ziolkowski 2008, p.30; Bloch 1937.

³⁴ La Rocca 2015a, p. 54; Virgili-Battistelli 1999, p.205.

³⁵ Virgili-Battistelli 1999, p. 205.

³⁶ La Rocca 2015b, p.7.

³⁷ Beltrami 1898, p.46; La Rocca 2015a, p.60; Ziolkowski 2008, p.29.

esterno, di un muro in opus reticulatum dello spessore di 60 cm³⁸ già rinvenuto negli scavi di Beltrami del 1892.

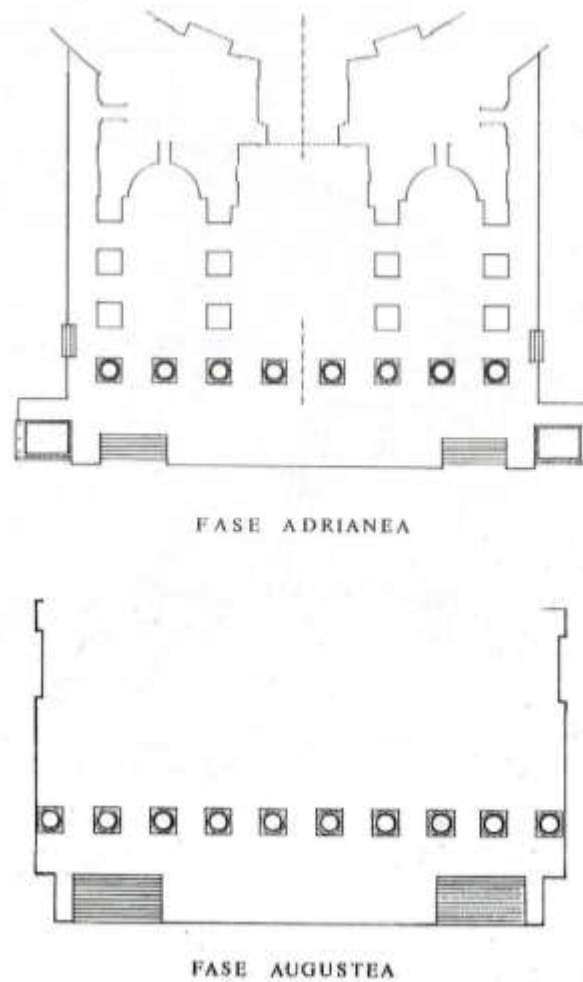


Figura 4 - Pianta ricostruttiva del podio del Pantheon nelle fasi augustea e adrianea. - G. Joppolo 1997³⁹

³⁸ Il muro di cui si sta parlando era terminato “superiormente a foggia di cordone, colla superficie costituita da piccoli laterizi di forma quadrata, secondo il sistema dell’opus reticulatum”. Beltrami 1898, p.64; La Rocca 2015a, p.62

³⁹ La Rocca 2015b, p. 22.

Ad una fase pre-adrianea deve essere attribuita anche la grande porta di accesso al tempio. Le due ante, in bronzo, alte 7,53 m e larghe ognuna 2,22 m ruotano senza cardini su perni inseriti nel pavimento e nell'architrave ligneo. Le operazioni di restauro condotte da Belardi e i successivi studi sulle tecniche di fusione delle lastre confermano questa attribuzione⁴⁰, smentendo possibili sostituzioni avvenute nel corso del XVI sec. e citate nella Storia degli scavi di Roma da Rodolfo Lanciani⁴¹.

Riassumendo il contenuto degli studi fin qui citati, le evidenze archeologiche dimostrano che il tempio di Agrippa doveva avere accesso dalla piazza lastricata a nord, attraverso le scale poste ai lati di un podio molto alto, che immetteva in portico decastilo dal quale si accedeva in uno spazio circolare, inscritto nel perimetro del muro in opus reticulatum.

Secondo alcune delle più accreditate ricostruzioni lo spazio circolare poteva essere un portico colonnato anulare, sull'esempio delle esedre del Santuario della Fortuna Primigenia a Palestrina o sull'esempio, più tardo, del c.d. Teatro Marittimo della Villa Adriana a Tivoli (Figura 5)⁴². Nonostante la corrispondenza di questo modello con alcuni dei ritrovamenti archeologici, un testo recentemente pubblicato da Eugenio La Rocca⁴³ elenca alcuni elementi a sfavore di questa ipotesi. Ad esempio la tipologia di pavimentazione in pavonazzetto, ritrovata da Beltrami a quota -2,15 sarebbe inusuale per uno spazio aperto. Inoltre questa pavimentazione sembra proseguire uguale a sé stessa fino a quando viene tagliata dalla fondazione del muro della rotonda, senza denunciare la presenza di un colonnato anulare. Per finire, lo studio del muro in opus reticulatum e la sua somiglianza con i muri di recinzione dei monumenti funerari, fa avanzare

⁴⁰ L'origine antica delle porte è certa grazie anche alle analisi sui materiali che le compongono, effettuate durante i restauri del 1998. La presenza delle paraste bronzee ai lati e dei pannelli clatrati in alto, secondo Belardi è dovuta al meccanismo di apertura e alla necessità di una tolleranza durante le fasi di messa in opera, secondo Wilson Jones, La Rocca e Gruben invece, proprio la differenza dimensionale delle ante rispetto al vano testimonia un adattamento successivo della porta augustea avvenuto negli interventi severiani o domizianeî e poi definitivamente per la costruzione del tempio adrianeo. Wilson Jones 2013, p.38; La Rocca 2015a, p.62; Gruben-Gruben 1997, p.31.

⁴¹ Il riferimento diretto di Lanciani è un testo di Pirro Ligorio che però, probabilmente, si riferisce alle sole borchie bronzee sostituite nel 1556 da Pio IV. Si veda sull'argomento: Vlad Borrelli 1990.

⁴² Loerke 1990, Heene 2008, p.90.

⁴³ La Rocca 2015b.

l'ipotesi che l'area potesse avere una cella circolare le cui fondazioni sarebbero da ricercare all'interno delle fondazioni attuali della Rotonda⁴⁴.

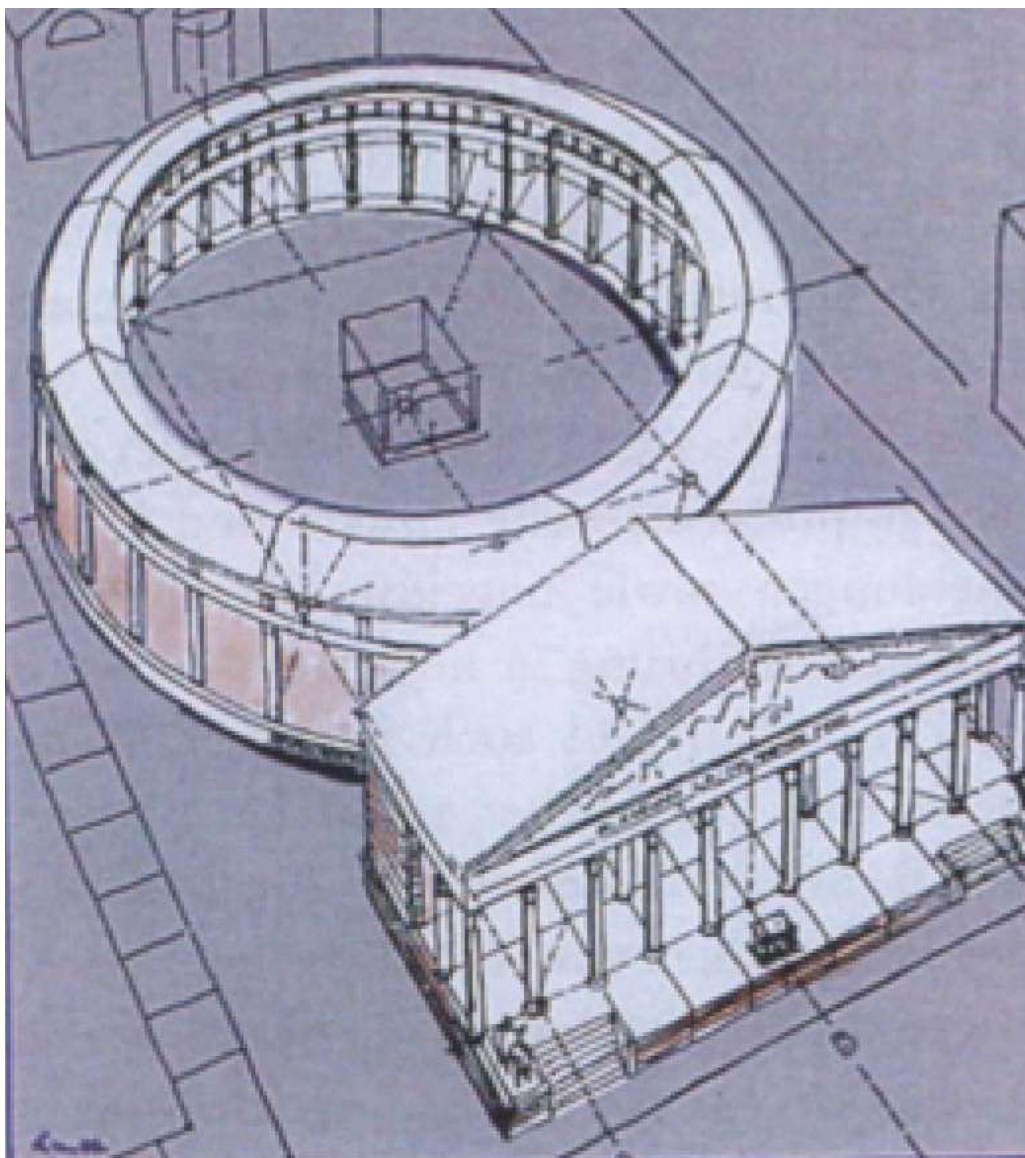


Figura 5 - Il Pantheon di Agrippa secondo la ricostruzione di Gerd Heene - G. Heene 2008

⁴⁴ La Rocca 2015b, p. 26-28.

1.1.3 Il Pantheon di Adriano.

“La costruzione adrianea - la stessa ancora oggi visitabile - riprese forme e proporzioni del precedente agrippiano oltre all’iscrizione riprodotta sull’architrave. Il pronao, più profondo e accessibile tramite scale laterali affiancate da fontane, passò da dieci a otto colonne sulla fronte e fu diviso in tre navate da quattro file di colonne in granito alte 40 piedi (m 11,82).”⁴⁵ L’affermazione, tratta dall’Atlante di Andrea Carandini, ci racconta del Pantheon di Adriano e riassume in breve la complessa storia di letture, interpretazioni e deduzioni che hanno portato alla trasformazione del Pantheon di Agrippa nel monumento che tutti noi oggi possiamo ammirare. Le fasi principali di questa trasformazione possono essere raccontate suddividendo l’edificio nelle sue parti principali: fondazioni, elevato, copertura.

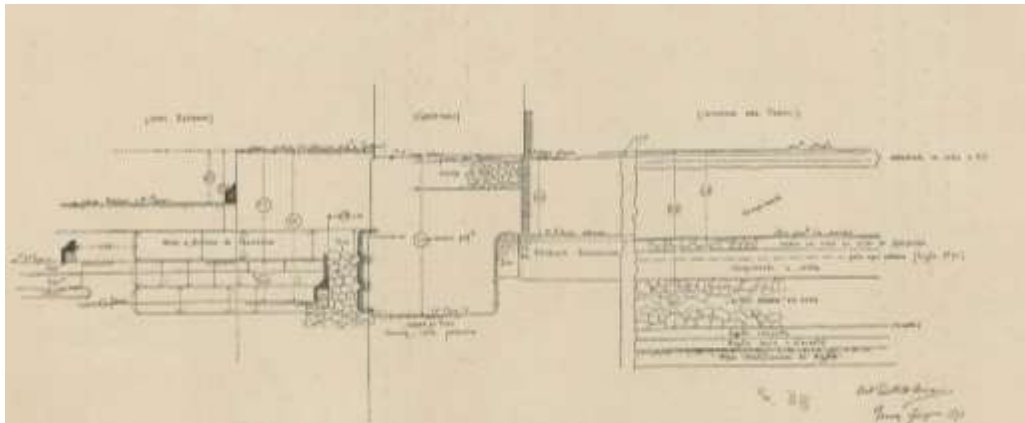


Figura 6 - Sezione della muratura perimetrale del Pantheon - P. O. Armanini 1893 - Nel disegno, pubblicato da L. Beltrami nel 1898, si confrontano le quote tra l'interno e l'esterno del Pantheon. Al centro la sezione dell'anello in calcestruzzo con scaglie di travertino.

Tutto l’edificio adrianeo fu sopraelevato per raccordarsi alle nuove quote della città, che cresceva tutto intorno. All’interno del muro in opus reticulatum che descriveva il perimetro circolare dell’edificio preesistente furono realizzate le fondazioni anulari su cui sarebbero stati impostati i muri del tempio⁴⁶. L’anello in “calcestruzzo tenacissimo, di scaglie di travertino impastate con malta di calce

⁴⁵ Carandini-Carafa 2013, p.518.

⁴⁶ La fondazione della rotonda, la cui profondità non è stata accertata, si estende all’esterno per 15 cm e all’interno per 70 cm rispetto allo spiccato dei muri come accertato dagli scavi del 1892-93. Beltrami 1898, p.39.

e pozzolana⁴⁷, si imposta alla quota della seconda risega esterna del muro, ovvero circa 5-6 cm più in alto della quota del pavimento domiziano in pavonazzetto (Figura 6) che risulta così tagliato dal calcestruzzo.



Figura 7 - Planimetria dell'area del Campo Marzio con gli edifici intorno al Pantheon. - Carandini 2013 - A sud i Grottoni Basilica Neptuni, a est il c.d. Portico degli Argonauti.

⁴⁷ Cozzo 1929, p.268.

Il rapporto tra le fondazioni, la loro contemporaneità o meno, è strettamente legato all'interpretazione delle fasi costruttive del monumento e richiede dunque un approfondimento. Come ipotizzato da Fulvio Cairolì Giuliani durante le fasi di costruzione della Rotonda un cedimento del terreno, alluvionale e formato da argille e sabbie, provocò una rottura in più parti dell'anello di fondazione⁴⁸. Questo evento richiese un intervento per stabilizzare le fondazioni su tutti i lati dell'edificio. A sud, vennero realizzati i Grottoni, delle strutture di collegamento, le cui fondazioni puntellarono e di fatto saldarono il tempio con la Basilica Neptuni⁴⁹. Ad est una struttura simile collegò il Pantheon con il c.d. Portico degli Argonauti, mentre ad ovest venne realizzato un anello largo circa 2m di rinforzo a quello esistente. (Figura 7). A nord, dove era stato previsto di riprendere il disegno del portico augusteo portandolo alla nuova quota della città, furono iniziati i lavori di fondazione delle colonne interne, realizzando così un impianto speculare a quello dei Grottoni. In un secondo momento tra queste fondazioni venne realizzata anche la fondazione dell'avancorpo⁵⁰. Per questo, contrariamente a quanto sostenuto in origine da Beltrami, nella parte nord le fondazioni dell'avancorpo e del portico furono realizzate successivamente a quelle della rotonda⁵¹. Questo alternarsi delle fasi costruttive spiegherebbe le differenze nel sistema di fondazione delle colonne del portico (Figura 8). Per le colonne posteriori venne realizzato un sistema "a cassoni" come descritto da Beltrami nel 1898⁵². Per le colonne sul fronte invece fu sfruttato il precedente edificio⁵³, ma per compensare l'innalzamento delle quote, le *pilae* in travertino che ospitavano le colonne pre-adriane furono rialzate⁵⁴.

⁴⁸ Cairolì Giuliani 2014, p.387.

⁴⁹ Wilson Jones 2015, p.203.

⁵⁰ Cozzo dimostrò la priorità delle fondazioni del pronao su quelle dell'avancorpo. Cairolì Giuliani 2014, p.388

⁵¹ Nella sua prima relazione Beltrami indica che "il piano di posa corrisponde al piano del pavimento interno, sottostante l'attuale. Si poté quindi concludere che la fondazione, sia della rotonda che dell'avancorpo in laterizio, si presenta omogenea e continuata, in modo da indicare la contemporaneità di costruzione". Beltrami 1898, p.42. In verità già Cozzo nel 1929 determina la differenza tra le fondazioni della rotonda e dell'avancorpo e la similitudine tra queste ultime e le fondazioni dei Grottoni. Cozzo 1929, p.394.

⁵² "[...] fondazione a cassoni reggente le colonne del filare interno del portico, vi si notano le incassature verticali corrispondenti alle travi della sbadacchiatura, e le sbavature orizzontali indicanti le commessure delle tavole che da quelle travi erano sostenute [...]" Beltrami 1898, p.45; La Rocca 2015a, p.54.

⁵³ Beltrami 1898, p.46; La Rocca 2015a, p.60; Ziolkowski 2008, p.29.

⁵⁴ La Rocca 2015b, p.8.

Il riuso degli edifici esistenti come sistema di fondazione per le nuove costruzioni, consueto nelle costruzioni romane, trova un'applicazione anche nella nuova cloaca che corre davanti al podio e alle scale, realizzata per raccogliere le acque della piazza adrianea, essa poggia direttamente sulla piazza precedente⁵⁵.

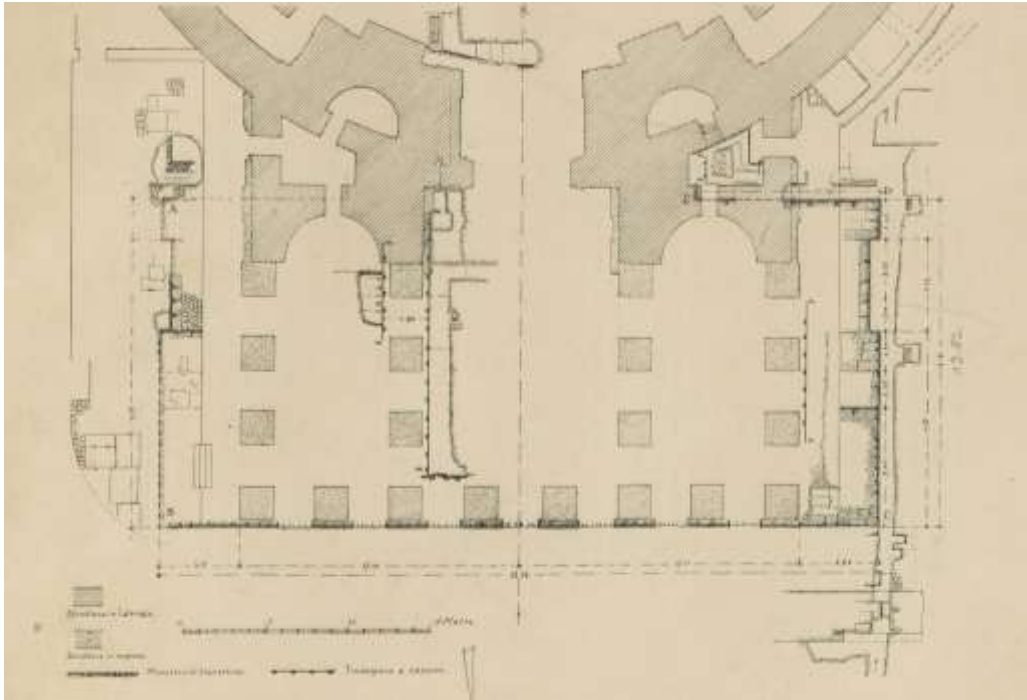


Figura 8 - Pianta dell'avancorpo e del pronao - Luca Beltrami 1898 - La pianta mostra gli scavi e i sondaggi effettuati tra il 1892 e il 1893 che individuano il doppio sistema di fondazioni delle colonne del portico.

Al tempo dell'imperatore Adriano il tempio era collegato alla nuova piazza grazie a due scale laterali di sette gradini ciascuna, le quali conducevano ad un podio alto solamente 1,40 m e decisamente meno imponente del precedente⁵⁶. Sul podio si innalzavano le sedici colonne alte 40 piedi, le otto allineate sul fronte in granito grigio e le altre otto retrostanti in granito rosa⁵⁷. Come ipotizzato da Wilson Jones, è probabile che nel progetto originario le colonne dovessero essere alte 50

⁵⁵ Virgili-Battistelli 2008, p.205.

⁵⁶ Ricordiamo che il podio pre-adrianeo aveva 11 scalini e una altezza complessiva di 2,45m; Virgili-Battistelli 2008, p.204.

⁵⁷ Le tre colonne del lato a est che oggi possiamo osservare non sono quelle originali, andate perdute. Furono sostituite nel XVII secolo, riutilizzando i fusti di colonne provenienti dalle Terme di Nerone e realizzando nuovi capitelli. Di questo argomento si tratterà più approfonditamente nel paragrafo 1.2.

piedi, questa ipotesi spiegherebbe alcune incongruenze del monumento⁵⁸. Proseguendo la descrizione della struttura adrianea verso l'interno si incontra l'avancorpo in muratura, inserito dietro al colonnato, realizzato successivamente alla Rotonda sfruttando una pratica costruttiva che prevede l'uso di sottosquadri e morse sporgenti costruite in differenti fasi⁵⁹. Nei loro sette livelli, le scale, oltre a consentire l'accesso alla copertura⁶⁰, collegano sia gli ambienti ricavati nella profondità del muro del corpo circolare, sia le sale situate sopra l'avancorpo che a partire dal XVI sec. hanno ospitato la congregazione di S. Giuseppe di Terrasanta⁶¹. Ai corpi scala si accedeva dal fianco dell'avancorpo (Figura 9) anche se sul lato est il vano comunica anche con la grande nicchia del portico⁶². A livello più basso, entrambi i vani scala comunicano con un ambiente semicircolare ricavato nella profondità del muro del corpo circolare. Questi due ambienti, sono diversi da tutti gli altri realizzati allo stesso livello. L'ingresso di entrambi non è in asse per evitare gli appoggi strutturali delle scale⁶³ il che conferma l'interpretazione che il progetto traiano-adrianeo prevedeva sin dall'inizio la costruzione di rotonda, avancorpo e pronao.

⁵⁸ L'ipotesi che il fronte del tempio dovesse avere colonne più alte è dovuta alla lettura di alcune incongruenze. Per prima cosa osservando la trabeazione sul fianco destro del portico, si può notare che la sua larghezza è inferiore alla larghezza dell'avancorpo, il che genera uno scarto nel punto di contatto tra le due trabeazioni. Al contrario se le colonne fossero state da 50 piedi, e dunque più larghe (proporzione moduli approfondire) la trabeazione sarebbe stata allineata. Come è noto la seconda cornice che gira tutto intorno al monumento, non è allineata al timpano del tempio, ma disegna sulla facciata un secondo timpano, con colonne più alte si sarebbe potuto evitare questo espediente. Wilson Jones 2015, p.212.

⁵⁹ Le morse potevano essere realizzate sia contemporaneamente sia in un secondo momento, quando il ritiro del muro nuovo avrebbe consentito una migliore esecuzione: "Le tracce poste tra i sei e gli otto metri da terra su entrambi i lati dell'avancorpo alla giunzione con la rotonda, mostrano nella cortina un'alternanza di legatura dei laterizi che fanno appunto pensare all'uso di entrambi i sistemi." Cairoli Giuliani 2014, p.393.

⁶⁰ Attualmente possibile solo attraverso la scala est.

⁶¹ La congregazione sarà poi riconosciuta come Pontificia Insigne Accademia di Belle Arti e Lettere dei Virtuosi al Pantheon.

⁶² Ad oggi l'unico accesso al vano est è attraverso la grande nicchia del portico. I corpi scala hanno subito diverse trasformazioni nei secoli, non sempre riportate nei rilievi, di questo argomento si tratterà approfonditamente nel capitolo 3.

⁶³ Belardi 2006, p.73.

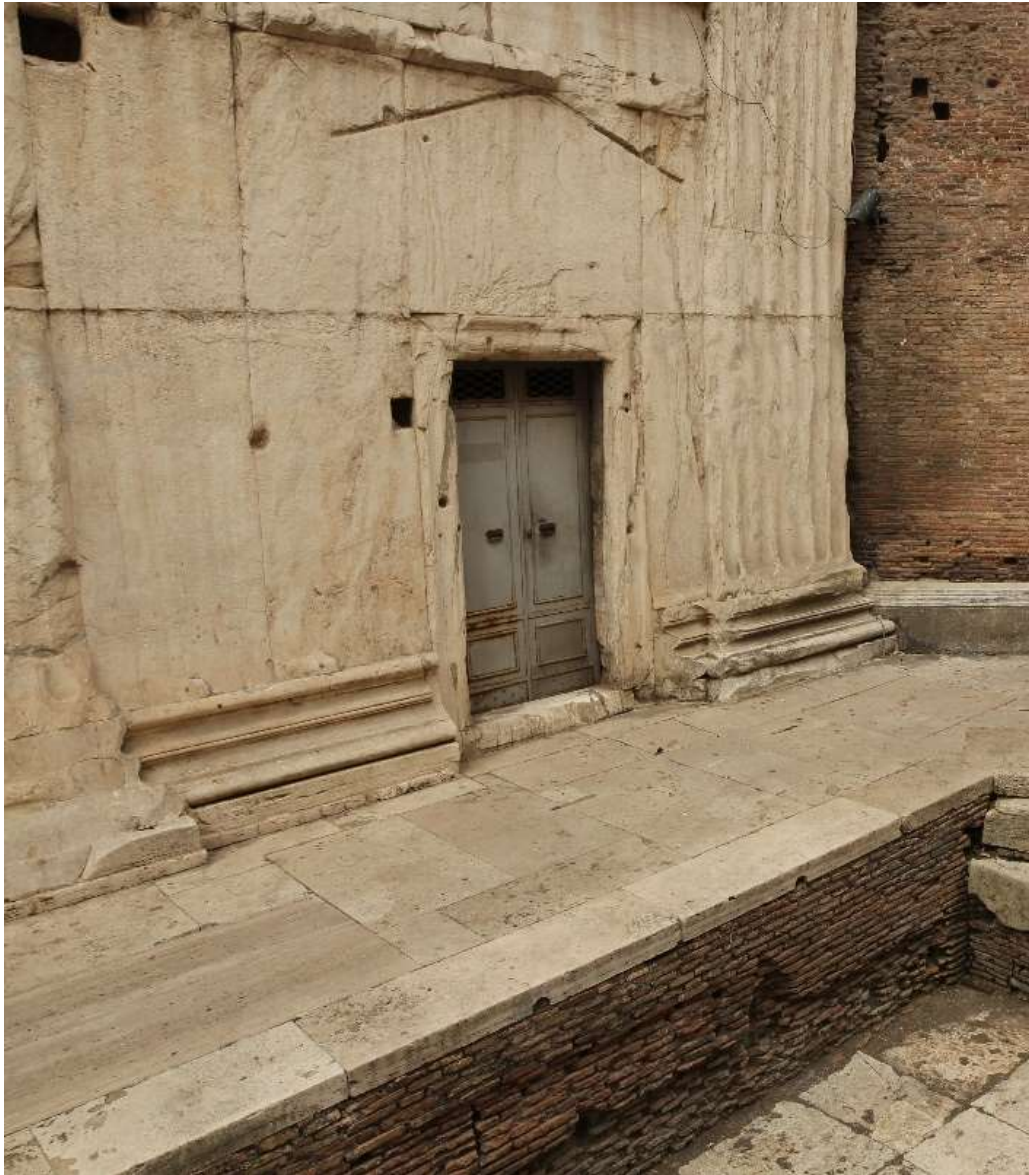


Figura 9 - L'ingresso del corpo scala ovest.

Le imponenti murature perimetrali della Rotonda vennero iniziate, come testimoniato dai bolli laterizi, tra il 113 e il 114 d.C.⁶⁴. Il muro, dello spessore di circa 6 metri, mostra all'esterno *semilateres* di paramento intervallati da ricorsi regolari di bipedali che attraversano tutto lo spessore della muratura ogni 1,5 m. Il prospetto esterno è diviso in tre parti da altrettante cornici orizzontali, due intermedie e una di coronamento finale che corrispondono all'interno, dal basso

⁶⁴ Hetland 2015, p.88.

verso l'alto, all'intercolumnio, alla cornice di imposta della cupola, e al primo terzo della stessa (Figura 10). Il primo anello, quello più basso, mostra sul prospetto piccoli archi isolati ad una ghiera di mattoni⁶⁵. Questi corrispondono ad ambienti semicircolari ricavati nello spessore del muro, cui si accede da una piccola porta centrale, fatta eccezione per quelli che si trovano alle spalle dell'avancorpo di cui si è già detto in precedenza. Questi ambienti, di cui non si conosce la funzione originaria, contribuiscono ad alleggerire il peso e la dimensione della muratura nella parte più bassa⁶⁶. Il secondo anello mostra all'esterno grandi archi a 3 ghiera di mattoni bipedali, alternati ad archi più piccoli a 2 ghiera di mattoni, in corrispondenza dei quali si trova un complesso sistema di volte. Il terzo anello corrisponde alla parte inferiore della cupola, all'esterno si possono notare un'alternanza di archi grandi e piccoli simile a quella del livello inferiore, con la differenza che qui le arcate maggiori hanno 2 ghiera di bipedali e le minori soltanto una. I tre anelli esterni sopra descritti, corrispondono all'interno della Rotonda, dal basso verso l'alto, all'ordine inferiore, all'attico e alla prima parte della cupola.

L'ordine inferiore della grande aula circolare presenta otto grandi nicchie, cui compito era quello di ospitare le statue delle divinità⁶⁷. L'ingresso del tempio e la nicchia semicircolare sul lato sud si aprono sull'aula a tutta altezza fino all'imposta della cupola, interrompendo la cornice del primo ordine e definendo così l'asse principale del tempio. Le restanti sei aperture, tutte separate dall'aula attraverso colonne scanalate, sono tagliate dalla grande cornice orizzontale che

⁶⁵ Il numero complessivo di queste arcate è 8 ma sono visibili all'esterno solo 4 archi, gli altri 4 sono coperti dall'avancorpo e dalla basilica Neptuni.

⁶⁶ Già Serlio aveva indicato le ragioni costruttive di questi ambienti: "ci è ancora fra l'una e l'altra cappella alcuni vacui, che molti dicono essere fatti per spiracoli per causa de'tremoti: ma io mi dò a credere che siano fatti per non ci mettere tanta materia: perché ad ogni modo per essere in forma circolare sono fortissimi." Serlio 1584, p.51.

⁶⁷ Nell'aula vi erano certamente numerose statue, probabilmente rimosse e trafugate nei due secoli in cui rimase chiuso al culto prima della donazione a Bonifacio IV, ciononostante possiamo leggere che l'imperatore Foca "ordinò che nel vecchio Santuario che fu chiamato Pantheon dovesse essere sistemata dopo aver rimosso il sudiciume pagano, una chiesa alla sempre Vergine Maria ea tutti i Martiri". È molto probabile che in questo testo di Johannes Diaconus, *Chronicon Venetum*, del 1756, si faccia riferimento ad allestimenti per cerimonie e strumenti liturgici e statue. Nel pronao erano collocate quella di Augusto e quella di Agrippa, all'interno quelle di Venere, Marte e del divo Iulius. C'erano forse i sette Dei Planetari o i dodici Dei Consenti. Secondo una notizia medioevale (riportata in Bartocchetti 1958, p.10), doveva esserci anche Cibele, le statue dovevano essere nell'abside, nelle nicchie e altre nelle edicole.

separa il primo livello dall'attico. In realtà il vano prosegue a tutta altezza dietro la cornice e la nicchia prende luce dalle finestre che si affacciano nell'aula.



Figura 10 - Prospetto ovest - Il prospetto esterno è scandito da tre cornici orizzontali, e ospita grandi archi di mattoni bipedali corrispondenti agli ambienti ricavati nello spessore del muro.

Sul lato est e ovest, perpendicolarmente all'asse principale, le due nicchie sono semicircolari mentre sulle diagonali le restanti quattro sono caratterizzate dai lati corti radiali. Gli intervalli tra le otto aperture del primo anello, in cui sono collocate le edicole, ospitano altrettanti ambienti semicircolari accessibili solo dall'esterno, per cui la pianta circolare risulta essere divisa in sedici parti. Il secondo anello corrisponde all'attico, oggi fortemente rimaneggiato⁶⁸, ma al

⁶⁸ L'attico è stato oggetto di una profonda trasformazione nel corso del XVIII sec. (cfr. 1.2).

tempo di Adriano era scandito da pilastri in porfido rosso, con capitelli in marmo bianco, tra i quali si aprivano finestre con trabeazione orizzontale (Figura 11).

Nonostante gli interventi, resta invariata la divisione in sedici parti anche dell'attico, data dalle 14 finestre e dai due grandi archi che interrompono la trabeazione. Il terzo anello all'interno non è riconoscibile in quanto corrisponde alla prima parte della grande cupola. La volta si imposta al di sopra della grande cornice che la separa dall'attico, tutta la sua superficie è scandita da un sistema di cassettoni organizzato in ventotto settori e cinque livelli⁶⁹ che termina prima di incontrare il grande oculo centrale. Tutta la cupola doveva avere, all'intradosso, una serie di elementi di rivestimento e finitura in bronzo di cui abbiamo testimonianza fino al 1753⁷⁰ in seguito a diversi episodi di caduta di materiali dalla volta. Anche l'estradosso della cupola, e i gradoni anulari, erano ricoperti in bronzo, alcune tegole originali si trovano ancora intorno all'oculo, che conserva anche l'antica decorazione. Nella grande apertura la superficie interna conserva ancora l'originale cornice in bronzo composta, a partire dal basso, da un guscio non decorato, un listello, un guscio con file di foglie strette, un echino con ovoli e dentelli in gran parte coperti da una *syma* di foglie rigonfiantesi.

⁶⁹ La suddivisione in ventotto parti della cupola, genera un allineamento non perfetto con gli elementi sottostanti, ad esempio i cassettoni sono allineati solo 4 volte sugli assi maggiori alle finestre dell'attico.

⁷⁰ "Accanto ai segni delle infiltrazioni che, nel corso dei secoli, la manutenzione delle coperture non sempre aveva potuto evitare, potevano ancora vedersi alcune tracce della decorazione originaria: le lamine di piombo che, incastrate negli spigoli interni dei cassettoni, erano sfuggite ai predatori saliti, chissà in quale epoca, sino a quella altezza per spogliare il tempio dei suoi ornamenti preziosi, lasciandovi in situ i soli elementi di sostegno, quali appunto erano tali lamine." Pasquali 1996, p. 69. "Oltre alle descrizioni riportate in Fine Licht, 1968 pp.145-146 e nota 10, si deve aggiungere un dettagliato resoconto dell'architetto Theodoli, per l'anno 1753: «era l'interna volta lavorata a cassettoni, la maggior parte foderati da una sottile lamina di piombi, come ora chiaramente si riconoscono, poiché con la lunghezza del tempo la suddetta lamina si è strappata [...]»" Pasquali 1996, nota 7.



Figura 11 - Particolare del prospetto interno - Il restauro compiuto negli anni '30 dall'architetto Terenzio ricostruisce l'immagine dell'attico al tempo di Adriano.

1.2 L'architettura del Pantheon tra il VII e il XIX secolo.

1.2.1 Da tempio a chiesa: Santa Maria ad Martyres.

“[...] Bonifazio IV, che senza muovere una pietra, ridusse lo stupendo edificio del Pantheon da culto superstizioso degli idoli a quello del Dio eterno, uno e trino, e all'onore de' Santi Martiri”⁷¹. Nonostante questa affermazione di G. G. Bottari, che tende ad enfatizzare la continuità tra il monumento antico e la chiesa, in verità il passaggio da tempio a chiesa fu piuttosto traumatico⁷².

La vita del Pantheon in età tardo antica è testimoniata in alcune memorie d'epoca che suggeriscono un cambiamento, almeno parziale, nelle sue funzioni. Nella prima metà del terzo secolo, alcune fonti⁷³, descrivono l'installazione di una biblioteca nel Pantheon o nelle sue adiacenze. Le porte del Pantheon dovevano essere state chiuse o nel 352 in seguito a un editto di Costanzo II che chiuse i luoghi di culto pagani o dopo il 391 quando Teodosio vietò l'ingresso ai templi. Ciononostante il monumento doveva essere ancora in buono stato di conservazione se, nella seconda metà del IV secolo, fu utilizzato per annunciare le leggi imperiali e lo stesso Costanzo II in visita a Roma nel 357, ne rimase affascinato⁷⁴. L'edificio fu affidato, come le altre antichità pagane, alle cure degli *Ediles* fino all'anno 608 quando, dietro richiesta di papa Bonifacio IV, l'imperatore Foca lo donò al vescovo di Roma affinché lo trasformasse in una chiesa dedicata a Maria. La consacrazione della chiesa è databile tra il 609 e il 613⁷⁵, ciononostante, almeno all'inizio, l'influenza dell'imperatore sul monumento restò altissima. Ad esempio nel 663 l'edificio venne interamente

⁷¹ Bottari 1754, pp.V-VI.

⁷² Attraverso l'esempio del Pantheon fino alla prima metà del Settecento, tutta la letteratura e l'antiquaria cristiana mettono in risalto il ruolo avuto dalla chiesa nel garantire la conservazione della Roma antica, generando così descrizioni parziali che mettono in luce solo ciò che di antico si è conservato. Pasquali 1996, p.31-32.

⁷³ Come ad esempio Sextus Iulius Africanus, in Thunø 2015.

⁷⁴ Come testimoniato da Ammiano Marcellino nel *Rerum gestarum libri*, Thunø 2015, p.231 e Hülsen 1927, pp.64-66.

⁷⁵ La data ufficiale di consacrazione è incerta e collegata all'interpretazione di una serie di eventi ad essa collegati, si veda il saggio di Eric Thunø, Thunø 2015, p.234.

spogliato della copertura in tegole bronzee dorate, che Costante II intendeva trasferire nella sua capitale. Dopo questo ultimo episodio di saccheggio imperiale, la chiesa passò sotto il controllo dalla curia romana e tutti gli interventi successivi furono effettuati per ordine dei papi, come nel caso di Gregorio II, che, circa settant'anni dopo lo spoglio, commissionò la realizzazione di una copertura in piombo per la cupola⁷⁶. La trasformazione in chiesa, e dunque l'adattamento a luogo di culto, comportarono alcuni interventi di lieve entità, come l'apposizione di una croce sul timpano (Figura 12)⁷⁷ altri e molto più consistenti come il taglio di uno dei pilastri accanto all'altare maggiore per dare accesso ai locali della sacrestia⁷⁸.



Figura 12 - Affresco nella Basilica Superiore di S. Francesco d'Assisi - Cimabue 1280-83. Il Pantheon al centro dell'affresco mostra una croce posizionata sulla sommità del timpano triangolare.

⁷⁶ Tra l'VIII e IX secolo i pontefici intervennero più volte, Zaccaria (741-752), Adriano (772-795), Leone III (795-816) e Gregorio IV (828-848) si occuparono principalmente dei restauri della copertura in piombo. Tomei 1938, p.31.

⁷⁷ Con l'editto di Teodosio II del 453 venne prevista l'installazione di una croce per consentire il riuso degli edifici pagani. Nel Pantheon questa fu collocata in un primo momento in cima al timpano, come è possibile osservare in un affresco del Cimabue nella basilica superiore di Assisi, successivamente fu spostata sulla cima di un campanile centrale eretto nel 1270.

⁷⁸ Le implicazioni di questo intervento, sia dal punto di vista strutturale, sia nella lettura dei disegni di rilievo saranno molteplici, per approfondimenti si rimanda alla lettura del terzo capitolo.

1.2.2 Restauri e trasformazioni tra il X e il XIX sec.

Nel X secolo in seguito a un progressivo innalzamento delle quote del terreno a causa delle frequenti alluvioni, il podio del Pantheon⁷⁹ fu presto raggiunto dalla quota della piazza. A causa delle frequenti inondazioni il portico perse le tre colonne sul lato est. Furono dunque necessari alcuni interventi per preservare il pavimento e ricostruire il lato est, i cui esiti sono visibili in alcuni disegni del XVI secolo⁸⁰. Per sopperire alla caduta delle colonne, la trabeazione venne sostenuta, sul lato est, da un grande muro e, in una fase iniziale, anche il primo intercolumnio fu interamente tamponato fino alla trabeazione (Figura 13). Per evitare le inondazioni venne costruito un muro alto circa 4,5m tra le colonne, sia sul fronte, sia sul lato ovest⁸¹, con l'effetto di realizzare un unico ingresso centrale al portico⁸². Come in tutta la città la quota urbana intorno alla chiesa, era destinata a crescere, tanto che nel XVI secolo per accedere al Pantheon occorreva discendere sette scalini, tutti realizzati all'interno del portico⁸³.

Intorno all'anno mille il Pantheon era divenuto il centro di un piccolo borgo, diversi edifici si addossavano sui suoi lati e un mercato occupava tanto il portico, quanto la piazza antistante. Durante le lotte per le investiture tra il papato e il Sacro Romano Impero, che caratterizzarono i secoli XI e XII, la chiesa divenne rifugio di alcuni antipapi⁸⁴ e fu usata come fortilizio. Il Pantheon fu affiancato da nuove costruzioni, come ad esempio un palazzo papale iniziato da Anastasio IV e completato da Adriano IV ma riconvertito in sede per i canonici. Del 1270 è la realizzazione di un primo campanile centrale (Figura 14), che fu demolito 400 anni dopo sotto il pontificato di Urbano VIII. In questa fase e fino al XV sec. il Pantheon era completamente inserito nel tessuto della città, il portico era occupato da costruzioni legate alle attività del mercato e la quota della piazza aveva ormai coperto il podio.

⁷⁹ Che ricordiamo nella ricostruzione adrianea si sollevava dalla piazza per 1,4m

⁸⁰ Tratti dal *Codex Escorialensis*, foglio 43 v, Biblioteca del Monastero de El Escorial - e un secondo di autore anonimo ma dalla cerchia del Peruzzi. Nesselrath 2015, pp. 259-260.

⁸¹ Le tracce di questo muro sono visibili sul fusto delle colonne. Thunø 2015, p.248.

⁸² L'unico varco centrale, sormontato dalla torre campanaria con la croce e, dal lato opposto, l'altare principale, concorrono a definire l'asse principale della chiesa.

⁸³ Del pittore olandese Maarten van Heemskerck, Marder-Wilson Jones 2015, p.8.

⁸⁴ Cadaloo (1061), Guiberto(1080).

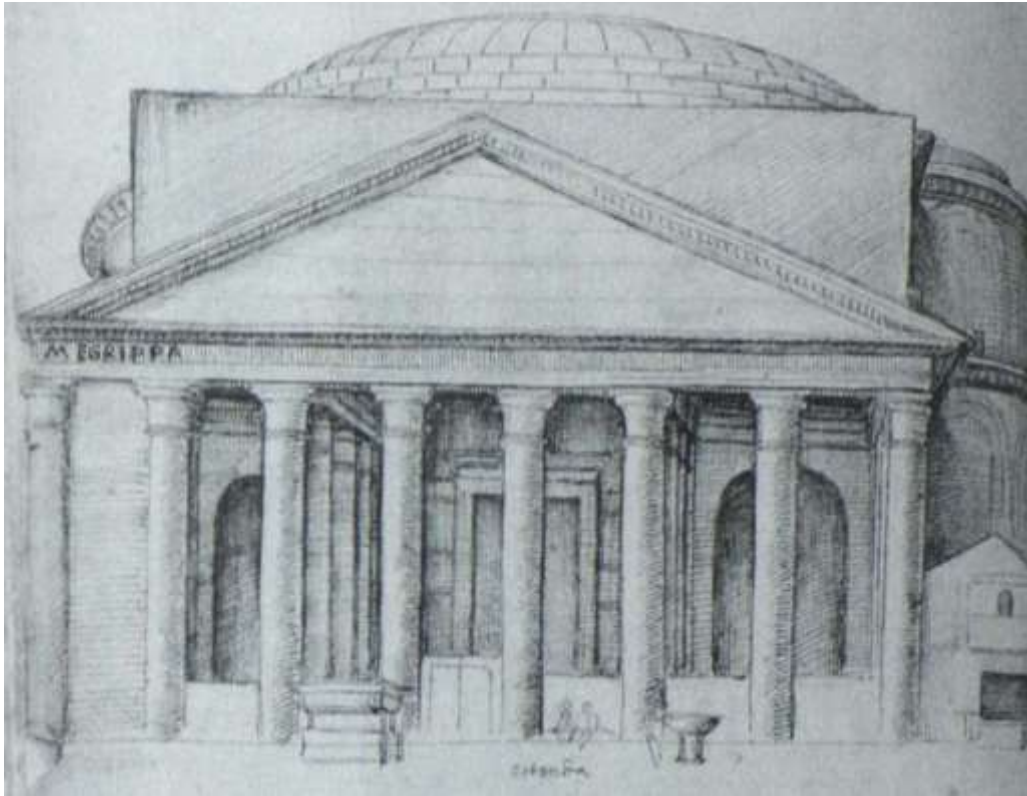


Figura 13 - Portico del Pantheon - Anonymous Escorialensis, XVI sec. In questo disegno è ben visibile il tamponamento tra gli intercolunni che sul lato est si innalza fino alla trabeazione.

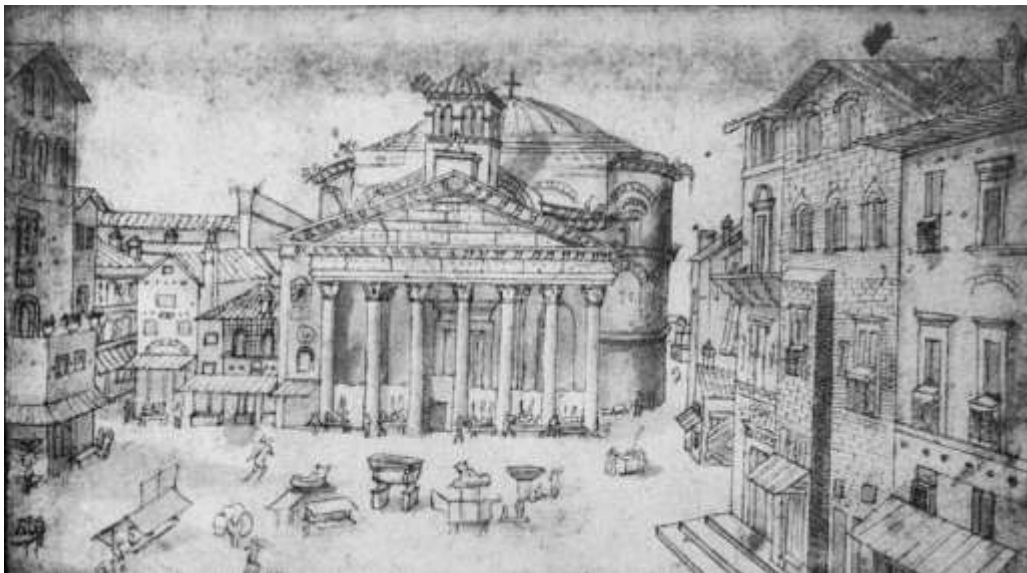


Figura 14 - Il campanile centrale del Pantheon - Anonimo Italiano del XVI secolo - Museo del Louvre, Cabinet des dessins, Fonds des dessins et miniatures



Figura 15 - Veduta del Pantheon e della piazza della Rotonda - G. B. Falda 1665-69

Il primo papa che diede inizio ad un progressivo isolamento della chiesa fu Eugenio IV, che proseguendo l'opera del suo predecessore Martino V, si fece promotore di interventi di risistemazione delle basiliche, divenne protettore di artisti come Antonio Averlino detto il Filarète, e tra il 1434 e il 1444 promosse la pavimentazione della piazza, la regolamentazione del mercato e, soprattutto, la demolizione delle costruzioni sorte nel pronao⁸⁵. Nella seconda metà del XV secolo, e per tutto il XVI, le cronache riportano lavori minori, rifacimento del manto di copertura ad opera di papa Niccolò V⁸⁶, restauro della pavimentazione del portico⁸⁷ e della grande porta in bronzo per volere di papa Pio IV. Solo sul finire del secolo sotto il pontificato di Gregorio XIII si assiste ad un grande intervento di risistemazione della piazza, di cui sono conservati i disegni⁸⁸, con l'inserimento della fontana progettata da Giacomo della Porta⁸⁹.

Nonostante gli sforzi di Eugenio IV, il processo di isolamento del monumento iniziò effettivamente solo nel XVII secolo, grazie agli interventi di Urbano VIII, Alessandro VII e proseguì nel Settecento sotto Clemente XI. Nel 1626, dopo aver spogliato la chiesa delle travi in bronzo decorate che sostenevano la copertura nel

⁸⁵ Nesselrath 2015, p.283

⁸⁶ Tomei 1938, p.32

⁸⁷ Da parte di papa Paolo II. Marder 2015, p.297

⁸⁸ Disegno di anonimo del 1660 ca. Biblioteca Apostolica Vaticana, Chigi PVII 9, 106 r.

⁸⁹ La fontana fu poi realizzata dallo scultore Leonardo Sormani sui disegni di Della Porta. Marder 2015, p.320.

portico⁹⁰, Urbano VIII promosse il rifacimento del portico e Borromini intervenne per restaurare una delle colonne mancanti e dotarla di un nuovo capitello⁹¹. Venne inoltre demolito il campanile centrale e portata a termine la costruzione di due torri campanarie in corrispondenza dei corpi scala del portico (Figura 15)⁹².

I lavori promossi da papa Alessandro VII, perfezionarono il progetto di isolamento della chiesa, per il quale era in primo luogo necessario restituire integrità al portico dove furono erette le due colonne mancanti sul lato est. Le colonne, in granito rosa come quelle interne del portico, venivano dai resti delle terme di Nerone. Nel progetto c'era anche la sostituzione del capitello realizzato da Borromini, ma la morte di Alessandro VII durante l'esecuzione dei lavori, fece sì che al termine dei lavori il capitello con le api rimase al suo posto, anche se le due nuove colonne adiacenti e la nuova trabeazione portano la rosetta emblema della famiglia Chigi. Il portico verrà dunque riportato all'immagine antica, facendo riemergere anche il podio. Nel 1663-65 il papa chiederà a Bernini di occuparsi anche della costruzione della nuova sala capitolare, ma, per rispettare il progetto di isolamento caro al pontefice, questa sarà realizzata arretrata rispetto al portico (Figura 15)⁹³. Il progetto di Alessandro VII era però molto più vasto: l'idea iniziale, mai realizzata, era quella di demolire tutti gli edifici tra la piazza della Rotonda e la chiesa di Santa Maria Maddalena. In ogni caso la piazza fu interamente pavimentata e livellata in modo da scendere gradualmente verso il portico ormai libero da tutte le superfetazioni medievali⁹⁴. Questa era la condizione del monumento nel 1676, quando Antoine Babuty Desgodets iniziò la sua campagna di rilievo nella capitale⁹⁵.

Alcuni anni dopo l'aspetto del Pantheon sarebbe cambiato ancora ad opera di papa Clemente XI. Il pontefice portò a termine i lavori nel portico, fece sistemare

⁹⁰ Di cui ci sono pervenuti i rilievi di Sebastiano Serlio e altri disegni contenuti nel "Goldschmidt and Scholz Scrapbooks in The Metropolitan Museum of Art: A study of Renaissance architectural drawings", si veda Yerkes 2013, pp. 87-120.

⁹¹ Sui quali il papa farà scolpire l'ape dei Barberini, simbolo della propria famiglia. Marder 2015, p.299.

⁹² A lungo si è erroneamente attribuito questo intervento, definito "le orecchie d'asino" a Gianlorenzo Bernini, mentre la letteratura più recente ristabilisce la paternità a Borromini e la realizzazione a Carlo Maderno. Marder 2015, p.299.

⁹³ Marder 2015, pp.322-328.

⁹⁴ Marder 2015, p.322.

⁹⁵ Per leggere correttamente i rilievi di Desgodets (cfr. capitolo III), è di fondamentale importanza conoscere la condizione del monumento nel momento in cui vengono eseguiti. I grandi lavori di restauro all'interno della chiesa che cancellano molte delle tracce antiche, promossi dopo il 1705 da Clemente XI, sono successivi alla campagna di rilievo, iniziata nel 1676 e terminata nel 1677.

l'idraulica della piazza, collocare l'obelisco di S. Macuto a completamento della fontana e promosse alcuni altri interventi intorno al monumento⁹⁶. Ma è all'interno che Clemente XI realizzò il più importante dei lavori di restauro, la "pulitura"⁹⁷ di tutti i marmi per riportarli al loro antico splendore. A causa di questo intervento, invasivo, tra il 1705 e il 1715, molte delle tracce del monumento antico, e delle sue trasformazioni medioevali vennero cancellate⁹⁸. Secondo l'opinione della Pasquali esiste un legame tra questi lavori di restauro e le raffigurazioni del monumento antico disegnate, tra gli altri, anche da Desgodets: "Clemente XI non fa che eseguire materialmente ciò che tutti coloro che prima di lui si erano occupati dell'edificio antico, ultimi Desgodets e Fontana, avevano già prefigurato su carta."⁹⁹.

Tra i più importanti avvenimenti di questo vasto programma papale, troviamo una nuova distribuzione e riorganizzazione di statue, reliquie e opere d'arte e la trasformazione di tutte le edicole in altari. Fin dalla metà del XVI secolo le edicole erano state rappresentate sia con uno zoccolo continuo al di sotto delle colonne¹⁰⁰ sia con piedistalli separati. I nuovi altari vennero uniformati a questo modello antico¹⁰¹, in cui ogni colonna possiede il proprio basamento indipendente e il paliotto è arretrato (Figura 16).

⁹⁶ Tra questi da citare la costruzione sul lato di via della Palombella di una nuova, e più ampia, sacrestia. Pasquali 1996, pp.38, 56 e nota 34; Pasquali 2015, p.337.

⁹⁷ Con il termine "pulitura" si indicano una serie di interventi che vanno dalla pulitura con acidi, parzialmente dannosi per i marmi stessi, fino alla sostituzione delle lastre danneggiate. Nonostante le indicazioni di Francesco Bartoli, all'epoca Commissario delle antichità di Roma, i lavori furono molto invasivi. Le operazioni, iniziate con un piccolo saggio di pulitura nella cappella della Madonna «del Sasso» saranno estese a tutto il monumento e completate nel 1711. Per una descrizione dettagliata di tutte le operazioni si veda: Pasquali 2015, pp. 338-339 e Pasquali 1996, pp.37-38.

⁹⁸ Pasquali 2015, p. 339.

⁹⁹ Pasquali 1996, pp. 42.

¹⁰⁰ Troviamo disegni di edicole del Pantheon nel Codex Barberini, nei disegni di Bernardino della Volpaia, ma anche nei rilievi di Dosio, della seconda metà del XV secolo.

¹⁰¹ Proposto da Desgodets nei suoi disegni pubblicati nel 1682.

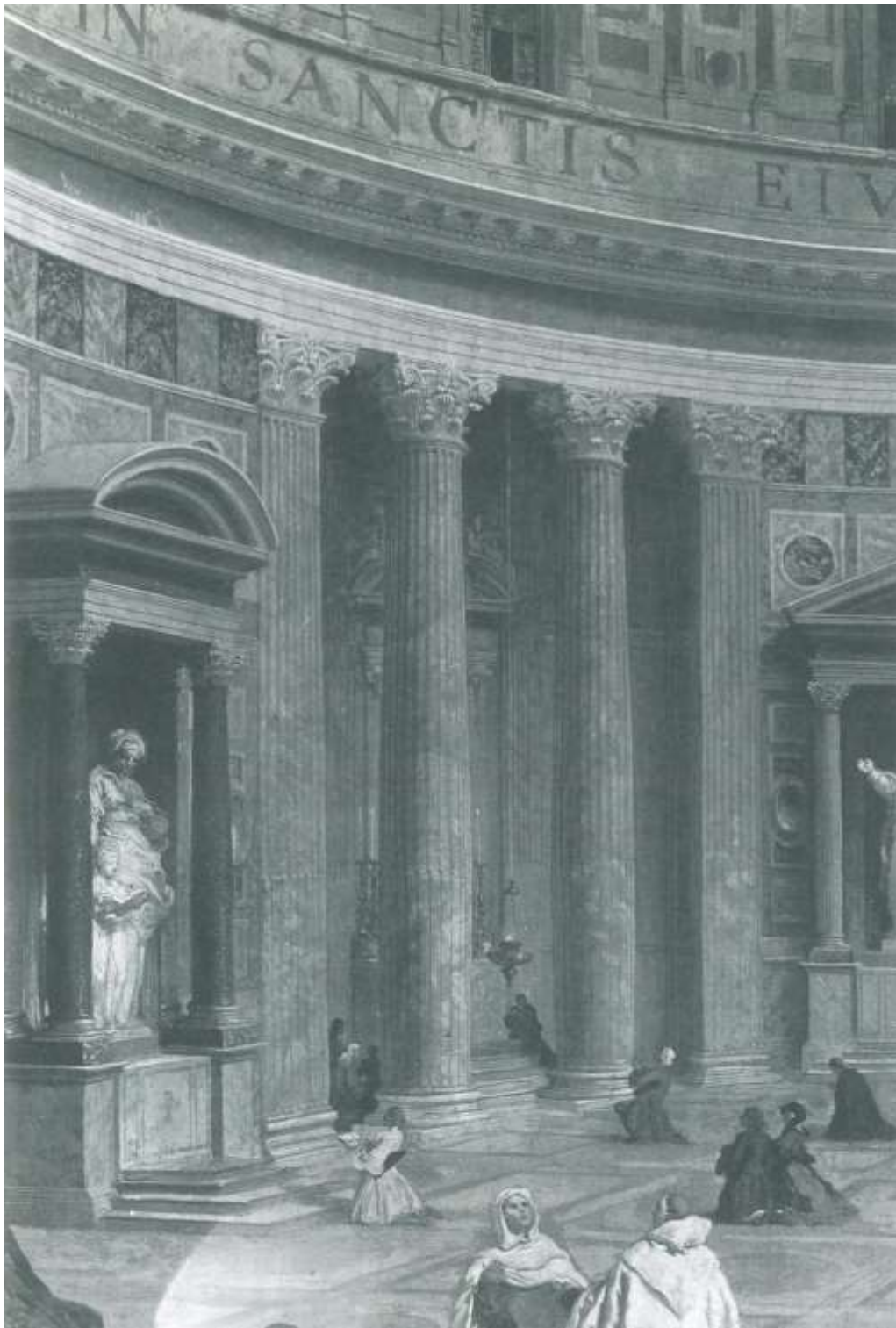


Figura 16 - L'interno del Pantheon - G.P. Paninni, 1740ca. - In questo dettaglio sono evidenziate le esedre trasformate in altari.

A questa riorganizzazione generale sfuggirono solo alcuni locali assegnati fin dal 1541 alla Compagnia di S. Giuseppe di Terrasanta¹⁰². Agli inizi del Settecento la congregazione controllava direttamente le stanze intorno alla cappella di S. Giuseppe di Terrasanta, un'abside del portico¹⁰³ e le stanze che si trovavano nell'avancorpo.

Il risultato di questi lavori, diretti dall'architetto Paolo Specchi a partire dal 1711, è un Pantheon in cui, secondo le parole della Pasquali, viene "esaltata la simmetria centrale dell'antico edificio. [...] In ogni caso però [...] il ridurre ogni altare a una forma unificata non può che essere ottenuto grazie a una semplificazione della forma che è anche una semplificazione della storia."¹⁰⁴

Merita un discorso a sé il progetto dell'altare principale, come visibile in una incisione del 1692¹⁰⁵ il primo altare doveva avere un podio rettangolare composto di due gradini, sopra il quale vi era un ciborio sostenuto da quattro colonne. A delimitare lo spazio della tribuna dal resto della chiesa vi era una *pergula* sostenuta da sei colonne. Più volte restaurato, da Benedetto II (684-685) e Adriano I (772-795), fu ampliato da Innocenzo VIII nel XV secolo fino alla sua completa demolizione per volere di Clemente XI. Il nuovo altare sarà consacrato nel 1724, sotto il pontificato di Benedetto XIII, e nel 1731 ai lati di ciascuna edicola compariranno nicchie ovali per accogliere i busti degli artisti presenti nella chiesa.

Le descrizioni del Pantheon per il giubileo del 1750 forniscono un quadro del monumento, interamente restaurato fino alla cornice del primo ordine¹⁰⁶. Altro era invece lo stato del pavimento, dell'attico e della cupola. Grandi porzioni della pavimentazione originale erano state sostituite da materiali differenti che interrompevano il disegno originario. La cupola, annerita dagli anni e dai fumi, presentava molte lacune dovute alle infiltrazioni d'acqua. I cassettoni ospitavano ancora lastre di piombo, memoria di antichi sostegni alle decorazioni, che periodicamente precipitavano al suolo. Parte della cupola era stata decorata con

¹⁰² Sulla Compagnia, detta dei Virtuosi al Pantheon, si veda lo studio di Halina Waga, Waga 1992.

¹⁰³ La congregazione aveva un accesso autonomo ai locali assegnati attraverso l'abside del portico che immette nel corpo scala est. Nel 1729 ebbe accesso diretto alla chiesa aprendo un varco, subito richiuso per decreto papale, tra la cappella e i suddetti locali. Pasquali 1996, p.57 e nota 50.

¹⁰⁴ Pasquali 1996, p.59.

¹⁰⁵ Tiburzio Vergelli da Recanati, Pietro Paolo Girelli, Antico tempio romano detto Pantheon dedicata (sic) a tutti li santi, 1692. Pasquali 1996, figura 16 e 17.

¹⁰⁶ In verità sono ancora da restaurare le quattro grandi nicchie sulle diagonali, che saranno completate solo nel 1758. Pasquali 1996, p.82.

gli stemmi della famiglia Chigi, ma il lavoro, mai terminato risultava incompleto. La fascia dell'attico era altrettanto in cattive condizioni, le mancanze nei marmi e nei pilastri in porfido rosso, venivano risarcite con intonaci colorati.¹⁰⁷

Questa era l'immagine del Pantheon quando nel 1754 l'Accademia di San Luca¹⁰⁸ individua il rilievo del Pantheon come tema da assegnare ai giovani allievi della terza classe. Per primi Francesco Demesmay, Bonaventura Solari e Giuseppe Annibaldi¹⁰⁹, riportano nei loro disegni il nuovo altare e molti altri dettagli fino a questo momento assenti dalle rappresentazioni della chiesa.

Due anni dopo il concorso Clementino, la chiesa subì un nuovo restauro nelle parti del monumento escluse dai lavori precedenti: la cupola e l'attico. Si trattò di uno dei più importanti interventi a causa dei suoi esiti finali: la cancellazione dell'attico antico. I lavori iniziarono nel 1756 ma furono promossi in seguito ad un incidente, avvenuto tre anni prima quando una delle lastre in piombo dei cassettoni cadde al suolo. Nelle prime fasi il cantiere doveva essere circoscritto al rifacimento della cupola attraverso la costruzione di un ponte mobile sull'esempio di quelli realizzati per S. Pietro¹¹⁰. Successivamente fu deciso di completare i lavori di restauro estendendo gli interventi alla zona dell'attico¹¹¹. Sotto la direzione degli architetti Salvatore Casali e Paolo Posi furono demoliti pilastri in porfido rosso, che non erano allineati né con l'ordine inferiore, né con la geometria dei cassettoni. Al posto dei pilastri furono realizzate delle specchiature quadrate con marmi policromi¹¹² che accompagnano la transizione tra l'ordine inferiore e i cassettoni della volta.

Dopo le grandi trasformazioni dell'interno subite nella seconda metà del XVIII secolo, a cavallo con il nuovo secolo, sia prima sia durante la dominazione francese (1809-1814), fu ripreso il progetto di isolamento del Pantheon e la liberazione della piazza, ma solo dopo il rientro a Roma di papa Pio VII furono

¹⁰⁷ Si veda lo studio pubblicato da Susanna Pasquali nel 1996 che dà conto di tutte le trasformazioni avvenute nella prima metà del Settecento, Pasquali 1996, pp.68-69.

¹⁰⁸ cfr. 2.1.3 "L'Accademia di San Luca e il concorso Clementino del 1754"

¹⁰⁹ Vincitori del concorso, dei quali si analizzeranno i disegni nel terzo capitolo.

¹¹⁰ Furono chiamati alla costruzione di questa grande opera, che conosciamo grazie ai disegni di rilievo di G. B. Piranesi (cfr. oltre cap. II), gli ingegneri Corsini e Albertini che avevano ereditato da Giuseppe Zabaglia il ruolo nella Fabbrica di S. Pietro. Nella prima fase furono affiancati dai responsabili del Campidoglio, successivamente, da Salvatore Casali e Paolo Posi. Pasquali 2015, pp.342-345.

¹¹¹ Secondo la Pasquali è probabile che questa decisione sia maturata in seno al trasferimento delle competenze al Vaticano per volere papale, anche se di fatto non esistono documenti in grado di provarlo. Pasquali 1996, p.76.

¹¹² I cui colori originali saranno testimoniati negli acquerelli di Leclère (cfr. oltre cap. II)

effettivamente iniziati dei primi piccoli interventi¹¹³. A metà dell'Ottocento, sotto Pio IX, i palazzi Crescenzi e Aldobrandini furono parzialmente demoliti con il conseguente allargamento di via della Rotonda. Con la fine del potere temporale e il successivo trasferimento della capitale d'Italia a Roma, il parlamento indicò il Pantheon come mausoleo di Vittorio Emanuele II di Savoia. Nel 1878 molti lavori furono realizzati sia per gli allestimenti dei funerali di Vittorio Emanuele II¹¹⁴ sia per la successiva realizzazione della sepoltura che occupa per intero una delle grandi esedre semicircolari. Successivamente si continuò nell'opera di liberazione del monumento e nel 1882 fu completata via della Palombella. Nel 1894 furono demoliti i due campanili e ripristinate le lettere bronzee nella trabeazione sul fronte. Tutte queste trasformazioni, gli scavi, le operazioni di demolizione, avvenute nel corso dell'800, saranno oggetto di descrizione puntuale nel secondo capitolo. I lavori di Fea e Valadier, gli scavi e le relazioni di Lanciani prima e Beltrami poi, saranno esposte commentando nel dettaglio i disegni di rilievo.

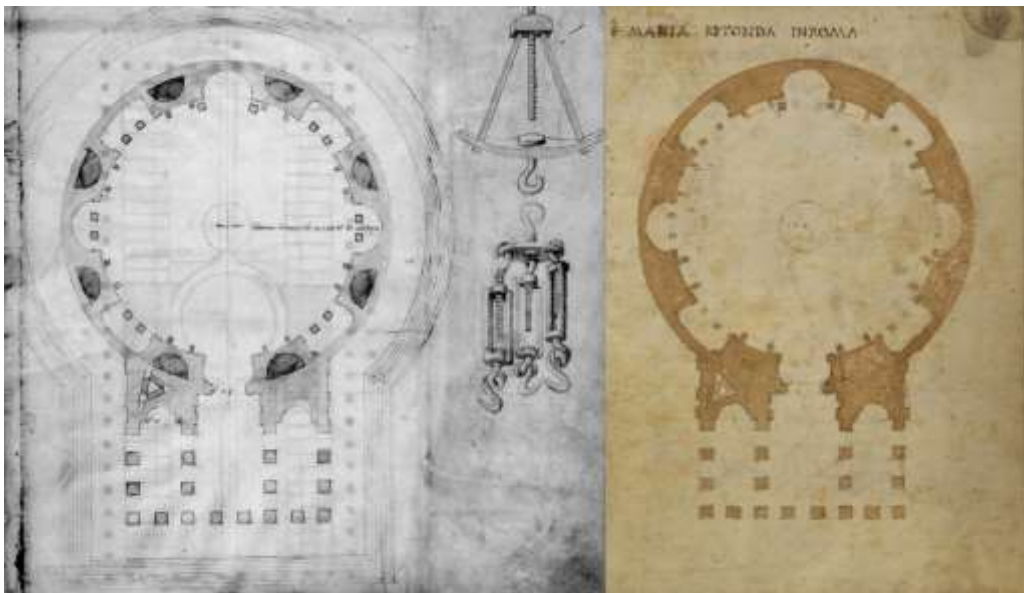


Figura 17 - Pianta del Pantheon - Giuliano da Sangallo, 1465-1490ca - A sinistra la pianta del codice Barberiniano, a destra la pianta del Taccuino Senese. Le piante mostrano qualità, dettagli, dimensioni e proporzioni piuttosto diverse.

¹¹³ Come ad esempio la rimozione di alcuni banchi di friggitori di pesce sulla piazza.

¹¹⁴ Williams 2015, p.362.

1.3 Il Pantheon nei disegni di rilievo tra XV e XVII secolo.

A partire dal XV secolo quando gli architetti iniziano uno studio sistematico delle architetture antiche per comprendere le regole dell'architettura classica e progettare utilizzando quel linguaggio, il Pantheon diviene uno degli edifici più studiati anche per via della sua maestosa cupola.

Tra i primi disegni, rilievi e studi del Pantheon nel XV secolo vi è quello di Giuliano da Sangallo, (Figura 17) sia nella versione del Codice Barberiniano¹¹⁵ databile con l'inizio della sua permanenza a Roma nel 1465, sia nella versione del Taccuino Senese¹¹⁶, più tarda, successiva al 1490¹¹⁷. In entrambi i casi il disegno contenuto è una pianta ma tra le due versioni sussistono delle importanti differenze.

Il primo disegno, quello del codice Barberiniano riporta la dimensione del diametro in braccia fiorentine, sia della pianta sia dell'oculo. Inoltre rappresenta gli ambienti semicircolari ricavati nella profondità della muratura, accessibili dal corpo scala e dall'esterno, anche se quest'ultimo dettaglio non verrà rappresentato. Il disegno sarà poi completato dal figlio di Giuliano da Sangallo, Francesco, che aggiungerà un podio tutto intorno al monumento a cui si accede per mezzo di una scala perimetrale.

Databile intorno al 1470 la pianta conservata presso gli uffizi attribuita da Alfonso Bartoli a Domenico Ghirlandaio mostra alcune analogie con la seconda pianta di Giuliano da Sangallo¹¹⁸. Le similitudini risiedono nella forma e posizione del corpo scale, ma i due disegni differiscono per l'assenza degli ambienti semicircolari ricavati nella profondità della muratura (Figura 18). Nessuna misura è riportata nel disegno che però riprende il tema del podio intorno al monumento offrendo una versione ridotta rispetto alla pianta di Francesco da Sangallo. Dalle linee di costruzione ancora visibili è chiaro l'uso del compasso di cui si notano ancora i fori il disegno.

Tra il 1478 e l'81, nel volume Trattati di Architettura Ingegneria e Arte Militare¹¹⁹, Francesco di Giorgio Martini riporta una sezione prospettica del Pantheon in cui il monumento è ampiamente reinterpretato, il prospetto interno è diviso in tre parti anziché in due, l'attico in due parti distinte (Figura 18). I

¹¹⁵ Codice Vaticano Barberiniano 4424, Biblioteca Vaticana, f. 13.

¹¹⁶ Siena, Biblioteca Comunale, S. IV, 8, f. 31.

¹¹⁷ Borsi, 1985.

¹¹⁸ Uffizi a 4379 Foglio 1 e Foglio 2, Bartoli 1914-22.

¹¹⁹ Trattati di Architettura Ingegneria e Arte Militare, f. 80, tav. 147.

cassettoni sono disegnati fino alla sommità della volta dalla quale viene cancellato l'oculo, se ne deduce che questo possa essere un disegno a metà tra il rilievo ed il progetto, cosa che caratterizza molti dei disegni di questa fase dello studio dell'antico.

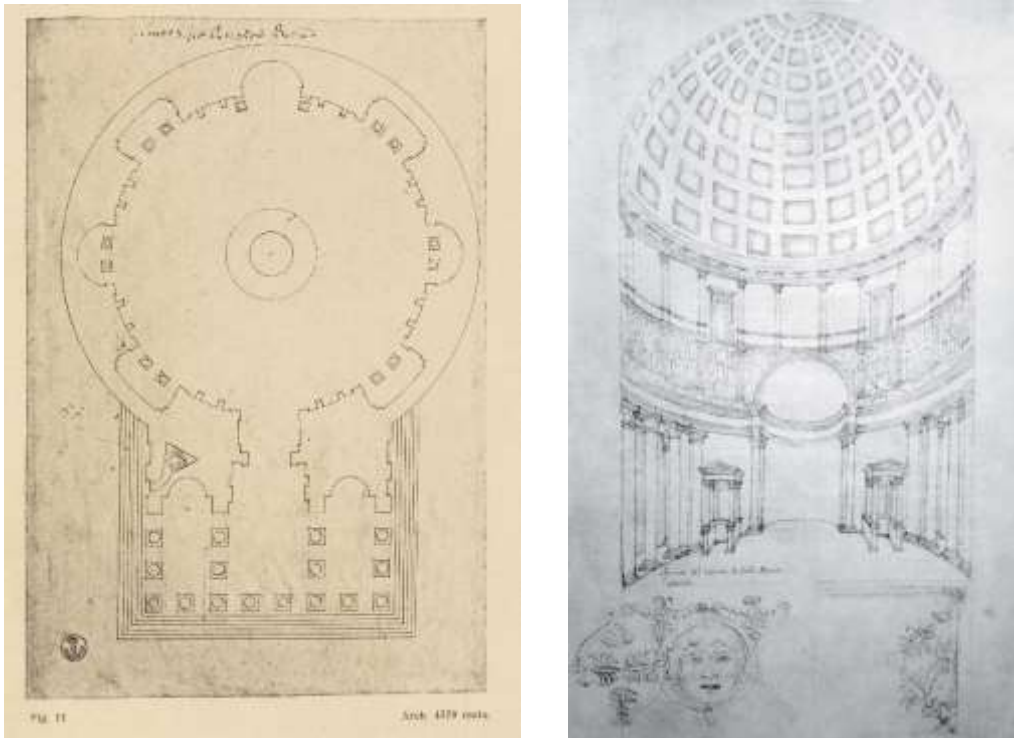


Figura 18 - A sinistra: Pianta del Pantheon - Domenico Ghirlandaio, 1470ca - A destra: Sezione prospettica - Francesco di Giorgio Martini, 1478-81ca

Il primo vero studio sistematico del Pantheon è quello di Baldassarre Peruzzi i cui disegni sono conservati presso gli uffizi e databili intorno al 1511-13¹²⁰. Si tratta di uno schizzo in cui si studiano le dimensioni della sezione realizzato con una sezione prospettica, una pianta e una sezione tutte quotate in palmi romani (Figura 19). Dimensioni e proporzioni sono l'oggetto della ricerca di Peruzzi che disegna accanto alla pianta uno schema in sezione con la sfera ideale inserita nel corpo cilindrico a sua volta suddiviso in due dalla prima cornice interna. Ad accompagnare la pianta, una sezione longitudinale (Figura 20) mostra il lato ovest dell'edificio per la prima volta completo e interamente quotato.

¹²⁰ Docci Maestri 1993, 78.

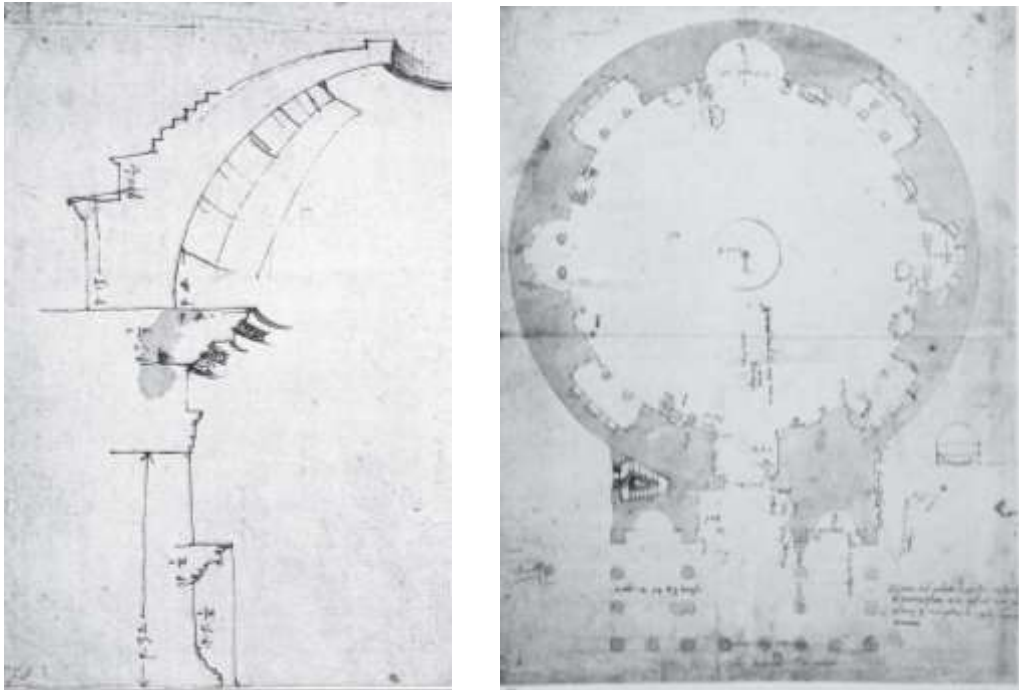


Figura 19 - Sezione prospettica e pianta del Pantheon con le quote in palmi romani. - Baldassarre Peruzzi, 1511-13.

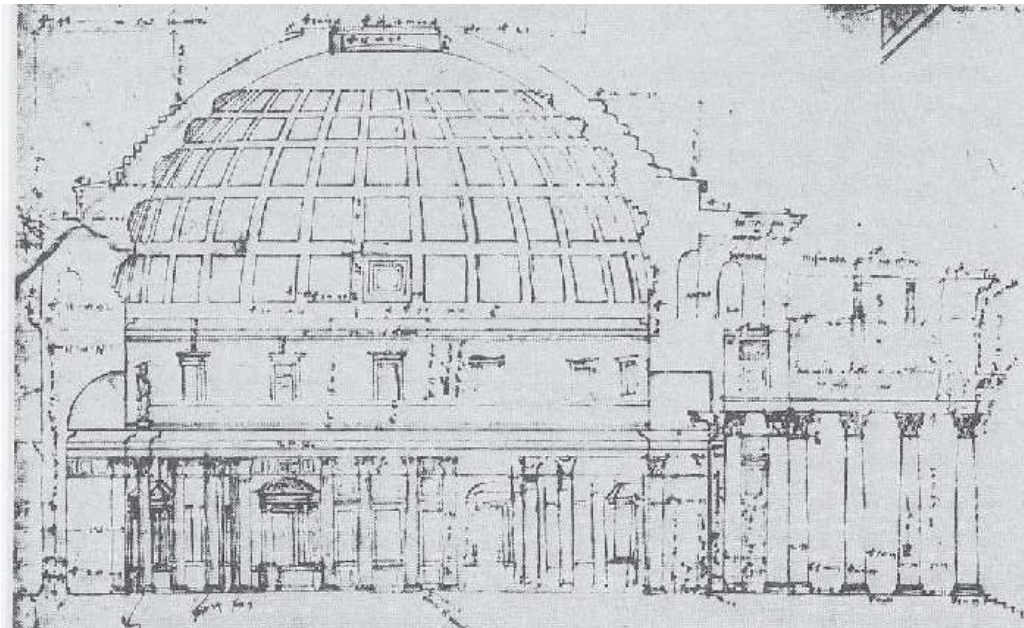


Figura 20 - Sezione longitudinale del Pantheon - Baldassarre Peruzzi, 1511-13.

Contemporanei ai disegni di Peruzzi sono i disegni di Bernardino della Volpaia contenuti nel codice Coner¹²¹. Si tratta di opere databili intorno al 1512-15, una sezione prospettica in cui il punto di vista è molto alto, corrisponde all'incirca al secondo livello di cassettoni e i disegni di due edicole e del portico (Figura 21). Osservando attentamente la sezione si notano molte correzioni al monumento originale. al centro la nicchia con l'altare non interrompe la trabeazione e mostra pilastri e colonne in tutto uguali alle altre. Inoltre anche l'alternarsi di edicole con timpani triangolari e semicircolari viene reinterpretato riportando un ritmo che non corrisponde a quello reale.

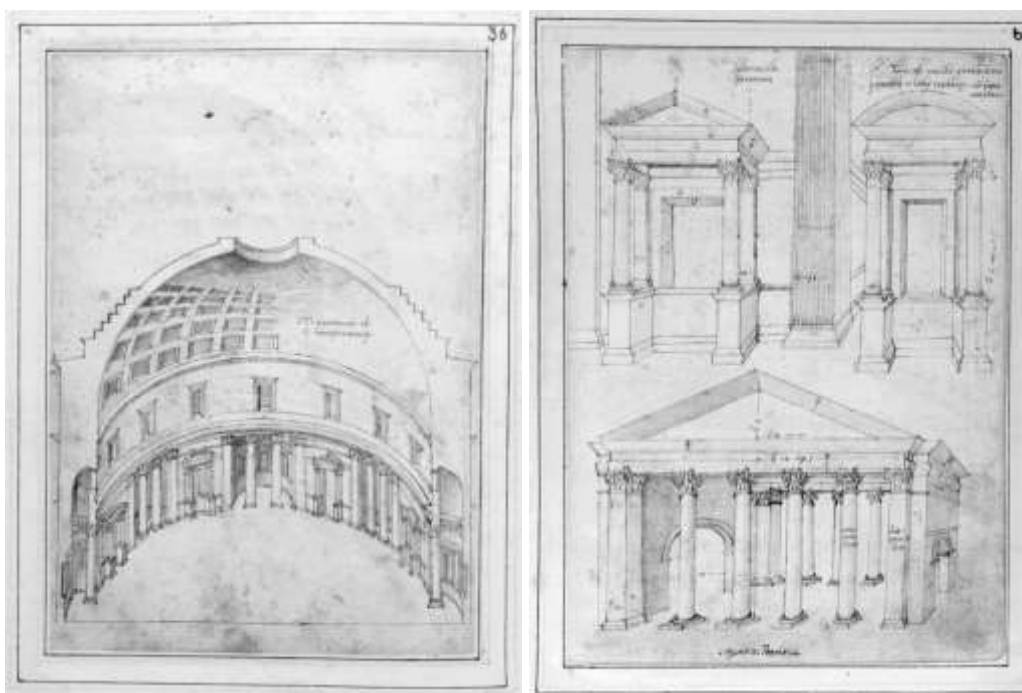


Figura 21 - Sezione prospettica del Pantheon con punto di vista all'altezza del secondo livello di cassettoni, e disegni delle edicole e del portico - Bernardino della volpaia, 1512-15.

I disegni di Antonio da Sangallo il Giovane dimostrano pienamente il rapporto degli architetti con i modelli antichi. Le piante e gli studi condotti da Sangallo sono condizionati dal suo rapporto con la lettura di Vitruvio e legati al suo impegno per la costruzione della cupola di san Pietro¹²². Presso il museo degli Uffizi sono conservati alcuni schizzi di studio che riguardano sia l'articolazione degli ordini interni sia la forma delle nicchie, l'antico viene studiato in funzione della progettazione di nuovi spazi come testimonia la pianta (Figura 22) in cui il

¹²¹ Nesselrath 2015, p. 291.

¹²² Nesselrath 2015, p.291.

monumento è completamente reinterpretato e corretto secondo i canoni classici¹²³. Tutto intorno alla pianta troviamo un colonnato che va a completare sia il perimetro, sia il portico, il quale subisce le maggiori trasformazioni con l'inserimento di una scala elicoidale all'interno l'avancorpo.

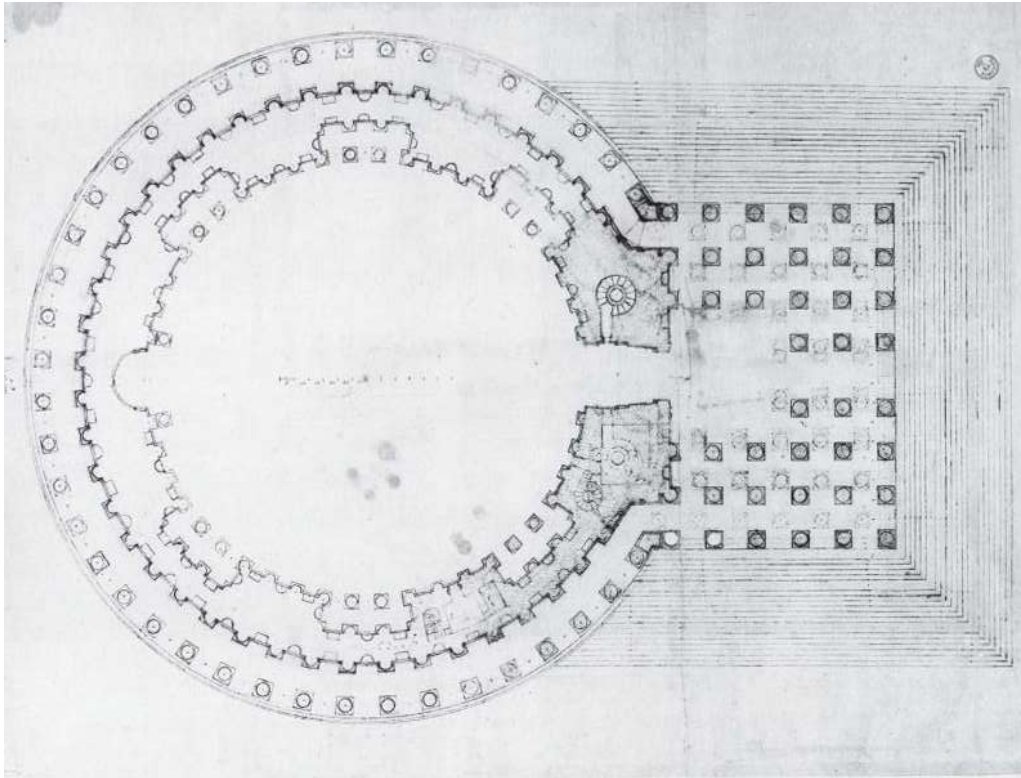


Figura 22 - Pianta del Pantheon - Antonio da Sangallo, 1538ca. - Il Pantheon immaginato da Antonio da Sangallo completato di un portico colonnato esterno e modificato nella dimensione e forma dell'avancorpo.

Con i disegni di Sebastiano Serlio contenuti nei suoi *Sette libri dell'architettura e della prospettiva* assistiamo ad una nuova trasformazione del disegno di rilievo dell'architettura antica. Serlio è tra i primi trattatisti di architettura antica a disegnare "modelli [...] destinati a divenire uno tra i fattori originari del Manierismo"¹²⁴. Il suo Pantheon è un disegno schematico, ma inserito in un quadro organico, composto da pianta, prospetto, sezione e dettagli. Tutti i disegni seppure con qualche incertezza¹²⁵ sono in scala e quotati in palmi romani.

¹²³ Uffizi inventario 306A, 841A, 874A, and 1241A. Sangallo 2000, p.268. Nesselrath 2015, p.291.

¹²⁴ Dozzi - Maestri 1993, 92.

¹²⁵ Carunchio 1988, p. 276.

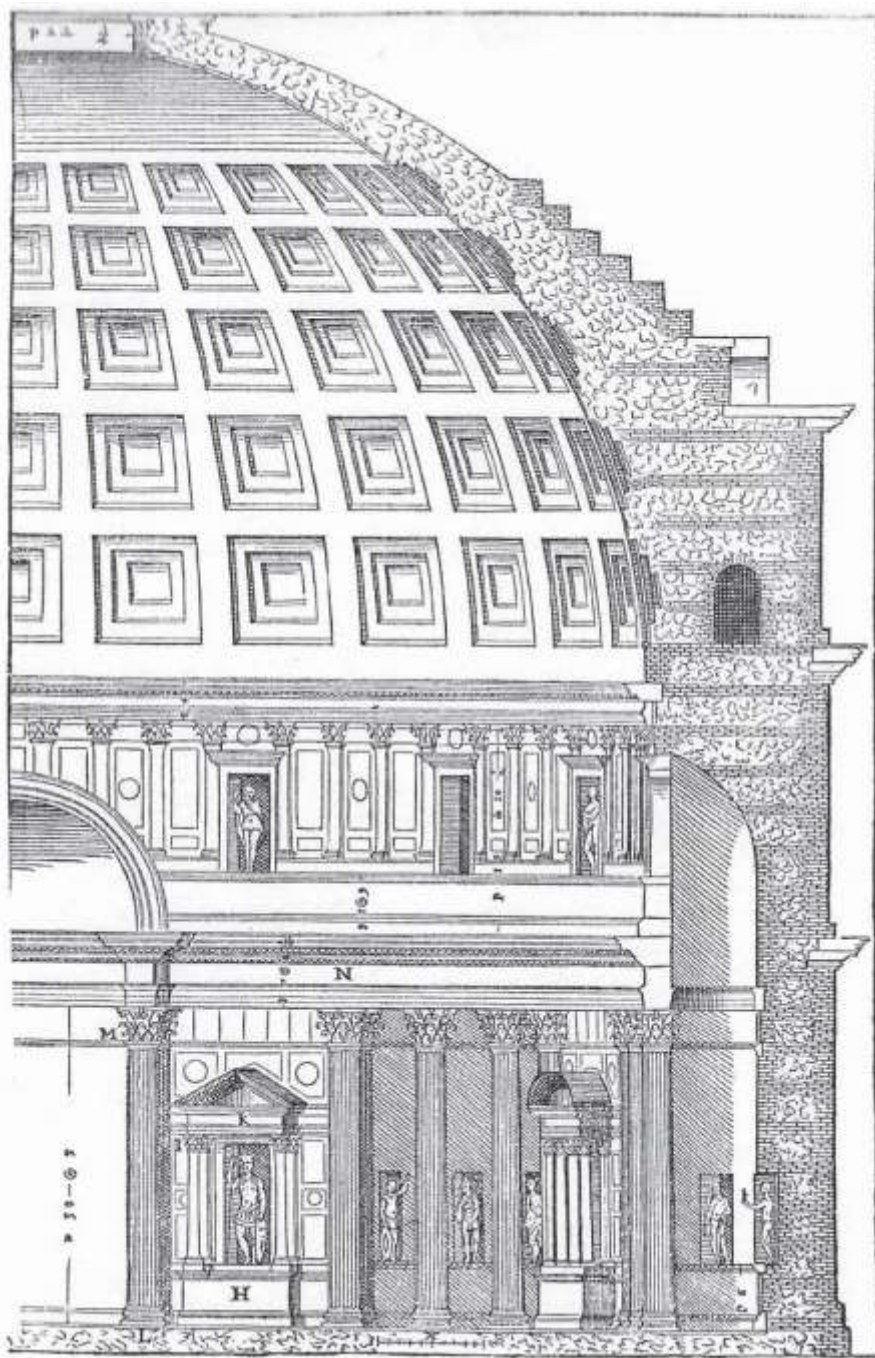


Figura 23 - Sezione e Pianta del Pantheon - Andrea Palladio, 1570.

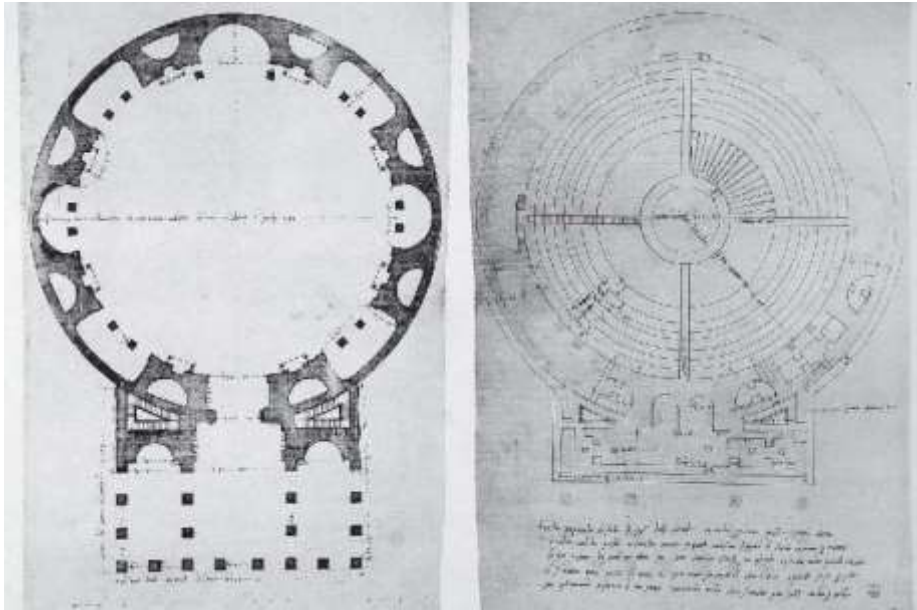


Figura 24 - Pianta del primo livello e della copertura del Pantheon - Giovanni Antonio Dosio, 1549ca. Nel rappresentare sul retro del foglio la pianta della copertura, Dosio inserisce sia gli ambienti dell'avancorpo sia le nicchie nella muratura che si trovano ad una quota più bassa.

Con un atteggiamento simile, legato alla realizzazione di un trattato, Palladio nei suoi *Quattro libri dell'Architettura* mostra una pianta e una sezione del Pantheon con un chiaro intento divulgativo (Figura 23)¹²⁶. La sezione, che riporta in basso una scala grafica per ricostruire le dimensioni del monumento, descrive l'interno della muratura dando indicazioni di tipo costruttivo e riporta alcune annotazioni e quote dimensionali.

Con i disegni di Giovanni Antonio Dosio, "il rilevamento architettonico acquista nuove valenze e caratteristiche"¹²⁷. Il suo rilievo del pantheon è tra i primi studi sistematici, fatto di piante a quote differenti, sezioni, dettagli sulle modanature e sugli elementi principali. Il tutto riportato con scale di riduzione molto precise, quote dimensionali, dedicandosi con la stessa attenzione sia all'intero edificio sia al più piccolo dettaglio architettonico¹²⁸. Il suo rilievo del Pantheon non ha intenzioni progettuali e non presenta correzioni. Rappresenta correttamente i corpi scala triangolari e studia attentamente l'avancorpo con i suoi ambienti superiori, sede della congregazione di S. Giuseppe di Terrasanta (Figura 24-25-26).

¹²⁶ Docci - Maestri 1993, p. 94.

¹²⁷ Docci - Maestri 1993, p. 83.

¹²⁸ Docci - Maestri 1993, p. 85.

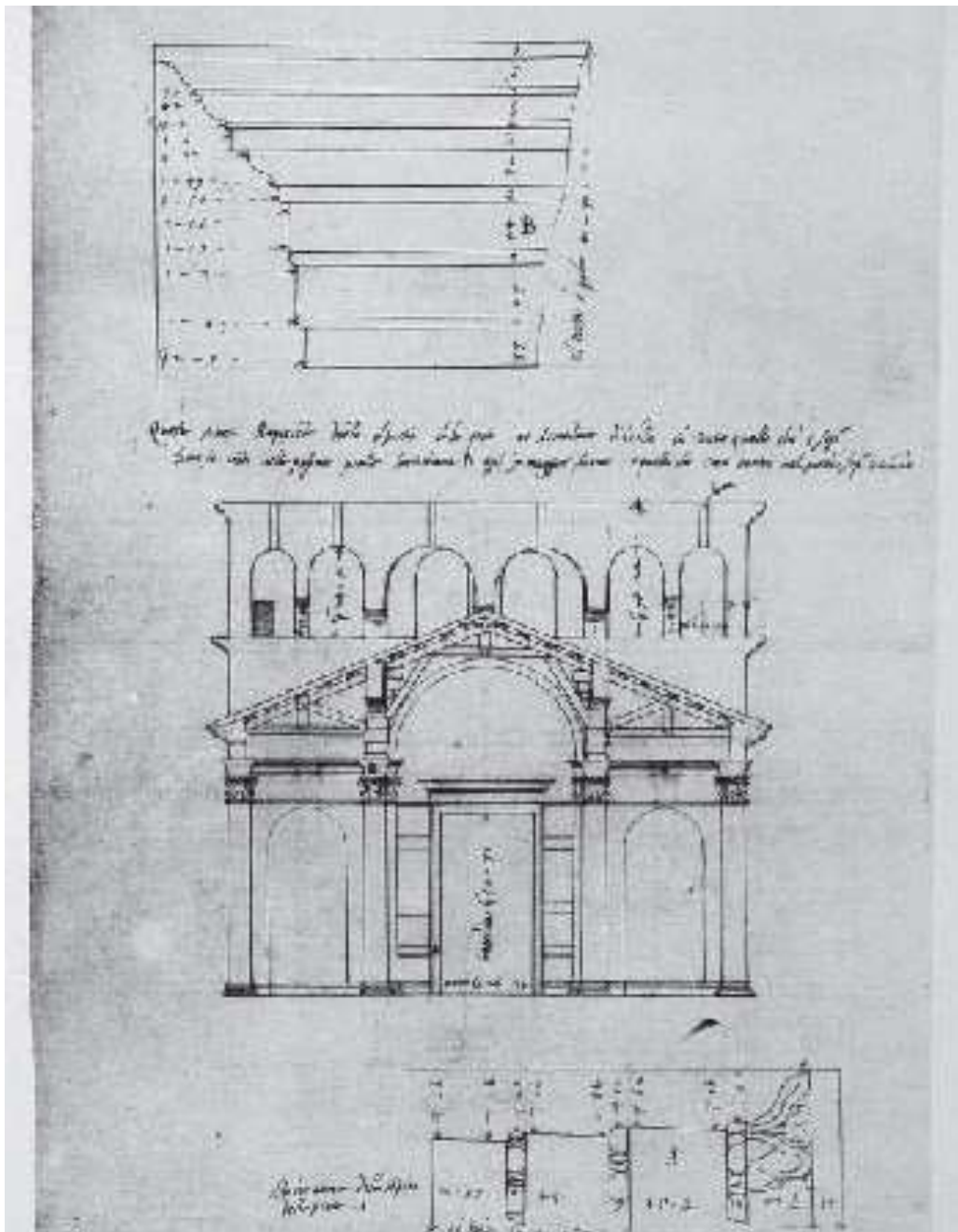


Figura 25 - Sezione dell'avancorpo - Giovanni Antonio Dosio, 1549ca. - Si noti lo studio approfondito dei locali dell'avancorpo riportati sia in questi disegni sia nella pianta e nella sezione trasversale.

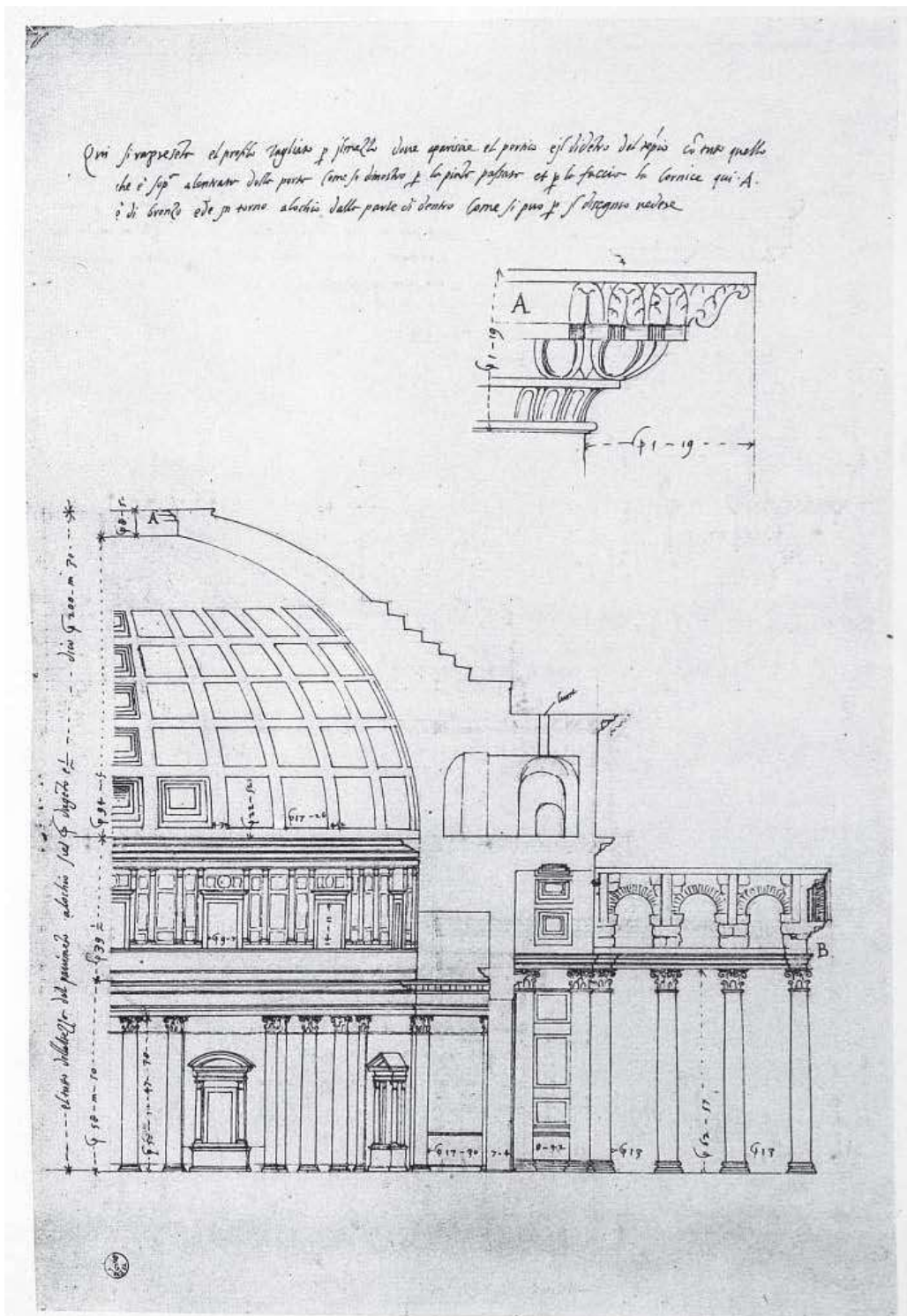
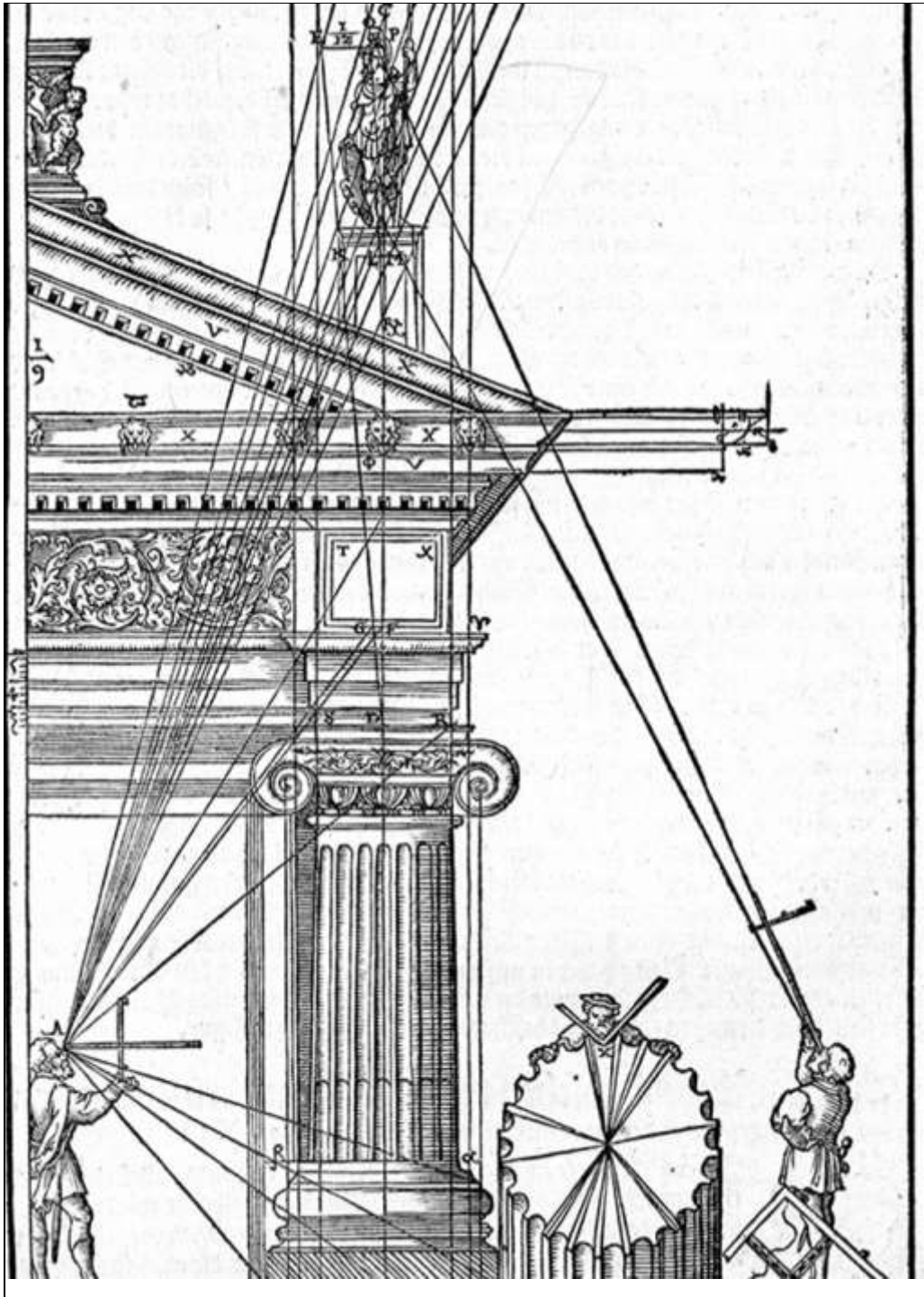


Figura 26 - Sezione trasversale - Giovanni Antonio Dosio, 1549ca.

PARTE 1°
IL RILIEVO DELL'ARCHITETTURA ANTICA
TRA IL XVII E IL XIX sec.

Capitolo 2

IL RILIEVO DELL'ARCHITETTURA ANTICA IN FRANCIA
E ITALIA



Alla fine del XVII secolo il rilievo dell'architettura antica acquista caratteristiche nuove rispetto ai secoli precedenti, seguendo le evoluzioni nel modo di concepire la cultura e la scienza. Lo studio dei grandi maestri del Quattrocento e del Cinquecento diventa via via più sistematico e cresce l'interesse per i disegni dei grandi artisti, che vengono raccolti, esaminati e catalogati con maggiore attenzione rispetto al passato¹. Nella formazione degli architetti il disegno come modello didattico assume un ruolo centrale, determinando "la nascita di una precettistica destinata a divenire fondamentale nell'insegnamento accademico"². Il *Grand Tour*, il viaggio di istruzione di architetti, letterati e artisti, che ha così fortemente caratterizzato il XVI e XVII secolo, subisce una significativa trasformazione. A cavallo tra Seicento e Settecento "si registra una vera e propria svolta"³, due tra i più importanti stati europei, Francia e Spagna, istituzionalizzano il viaggio di formazione creando appositi *pensionnats* in Italia, dove gli allievi architetti vengono formati e ospitati. Le conseguenze sono evidenti, si passa dal viaggio personale, sostenuto a proprie spese, caratterizzato da un taccuino privato dell'artista, a un rilievo sistematico, controllato e programmato dalle neonate accademie⁴.

¹ cfr. 1.3

² Docci-Maestri 1993, p.135.

³ Cardone 2014.

⁴ "*Les élèves de l'Académie, pensionnaires à Rome, seront chargés de lever et de dessiner avec exactitude pendant leur séjour en Italie, un monument antique ou moderne[...]*" AABA, B.19, fasc. 6. Nonostante le diverse accezioni che possiamo attribuire al termine "lever" adoperato in questo regolamento del 1778, esso è traducibile con il termine italiano rilevare.

2.1 La nascita dell'Académie Royale d'architecture.

Nata nel 1671 per iniziativa di Jean Baptiste Colbert, ministro delle finanze e segretario di stato di Luigi XIV, l'*Académie Royale d'Architecture* mantenne questo nome fino al 1793, anno della rivoluzione. Nei primi anni l'*Académie* era sotto lo stretto controllo della corte, i sei membri, il direttore e il segretario, furono nominati direttamente da Colbert⁵, e la sede fino al 1692 fu il *Palais Royal*, successivamente il Louvre.

Questa prossimità con la corte è legata ad una delle motivazioni per cui nasce l'Accademia stessa, accentuare la distanza tra gli architetti e le corporazioni di arti e mestieri per aumentare il controllo del sovrano in ogni settore delle arti⁶. In qualità di Ministro delle finanze e poi Segretario di stato, Colbert fu personalmente coinvolto nei cantieri del *Collège des Quatre-Nations* e dell'*Hôtel Colbert*. L'esperienza fece emergere un problema di relazione tra la committenza, l'architetto e le corporazioni di arti e mestieri che gestivano il cantiere. Fino a questo momento l'architetto, che pure si forma sulla trattatistica classica, ha un "legame familiare"⁷ dovuto alla sua formazione sul campo, con le corporazioni di arti e mestieri, di cui, spesso, fa parte. Dalle lettere che Colbert invia ai suoi sovrintendenti ai cantieri nelle province francesi, emerge un quadro di prossimità tra architetto e corporazioni che produce un aumento dei costi sia dei lavori pubblici sia di quelli privati⁸. La formazione di architetti del Re in una accademia reale lontana dalle corporazioni ha dunque tra i suoi obiettivi quello di accentuare la distanza tra queste figure e migliorare la funzione di controllo.

Il primo direttore e professore dell'accademia fu Nicolas François Blondel (1618-1686), che nel discorso inaugurale del 1671 descrisse chiaramente il duplice ruolo dell'accademia e la sua organizzazione. La neonata istituzione, ispirata ai principi della più antica accademia romana di S. Luca⁹ era al tempo stesso una *Académie* e una *École* e fu proprio il sovrano a stabilire una serie di regole: che i membri si incontrassero un giorno a settimana per confrontarsi sui temi definiti dal direttore; che si tenessero delle lezioni pubbliche; che fosse istituito un

⁵ Alla fondazione dell'accademia i primi membri nominati dal Re erano tutti architetti vicini alla corte: Libéral Bruand, Daniel Gittard, Antoine Le Paultre, François Le Vau, Pierre Mignard, François d'Orbay e Nicolas François Blondel (direttore).

⁶ Gabetti-Marconi 1971, 3, p. 33.

⁷ Gerbino 2011, p. 2.

⁸ Clément 1861.

⁹ Pevsner- Pinelli 1982, p. 100

seminaire pubblico, due giorni a settimana per giovani architetti¹⁰. I membri dell'accademia erano regolarmente retribuiti dal sovrano mentre gli allievi potevano partecipare ai *Prix*, dei concorsi mensili e annuali attraverso i quali i più meritevoli sarebbero stati ricompensati con medaglie o con un soggiorno a Roma¹¹.

Fino al 1717 l'accademia ebbe uno statuto informale, l'organizzazione interna veniva periodicamente rivista, ad esempio nel 1699, furono definite ufficialmente due distinte classi, *Première* e *Seconde* che accolsero un numero crescente di membri¹². Solo con le lettere costitutive, firmate da Luigi XV, nel 1717 arrivò il riconoscimento formale dell'istituzione¹³.

Nelle lezioni pubbliche, Nicolas François Blondel trattava tutti gli argomenti inerenti alla professione, tanto di architettura classica quanto di tutte le altre scienze che sono indispensabili all'architetto (Figura 1)¹⁴. I trattati sono alla base

¹⁰ Lo stesso Blondel nella prefazione al suo corso di architettura così descrive la prima organizzazione dell'accademia : «*Elle [Luigi XIV] a donc voulu premièrement que ces Architectes s'appliquant serieusement à l'étude, s'assemblassent un jour de chaque semaine pour conferer & se communiquer leurs connoissances [...]* Sa Majesté a voulu que les règles les plus justes et les plus correctes de l'architecture fussent publiquement enseignées deux jours de chaque semaine afin qu'il s'y pust former un séminaire, pour ainsi dire, de jeunes architectes. » Blondel 1675.

¹¹ Nonostante la dichiarazione di intenti e l'istituzione dell'*Académie de France à Rome* che ospitava anche pittori e scultori, i primi viaggi degli architetti a Roma furono discontinui e con modalità sempre differenti. Si veda ad esempio più avanti la descrizione del viaggio di Antoine Desgodets e Charles d'Aviler. Il primo degli architetti ad essere ufficialmente inviato a Roma in qualità di pensionnaire fu Antoine Dérizet, che vinse il Prix nel 1720 ed arrivò in Italia nel 1724. Le attività romane dei primi *pensionnaires* erano le più diverse e solamente dopo il 1778 verrà imposto lo studio esclusivo dei monumenti antichi. Oechslin 1969.

¹² In origine nell'accademia furono nominati sei membri, con la riforma del 1699 saranno ammessi 7 architetti alla prima classe e altrettanti alla seconda, la condizione degli *Eleve* invece in questa prima fase non è normata, ma ogni settimana vengono tenute le due lezioni pubbliche a cui questi, certamente, partecipano.

¹³ Questi documenti, che di fatto ratificano una organizzazione già esistente, sono fondamentali per chiarire la duplice valenza di accademia e scuola di architettura. Le riunioni dell'accademia erano destinate ai membri ed agli allievi, mentre nelle lezioni pubbliche il professore trattava i più svariati argomenti. Nel nuovo regolamento venne chiarita la figura dell'*Eleve de l'Académie royale d'architecture* definendo le modalità di accesso degli studenti. Ogni membro dell'accademia sia esso di prima o seconda classe poteva scegliere un *Eleve*, a questi si aggiungevano sei studenti scelti direttamente dal professore. I giovani allievi, che dovevano essere già formati all'architettura, frequentavano sia le lezioni pubbliche sia tutti gli altri incontri dell'accademia ed avevano un ruolo attivo nella trascrizione delle lezioni. Le uniche novità introdotte dalle lettere del 1717 sono, uno statuto chiaramente definito e una nuova modalità di nomina dei membri dell'accademia. Quando si fosse presentata la necessità il sovrano avrebbe scelto un candidato fra i tre proposti dai membri delle due classi. Louis XV 1717.

¹⁴ Lezioni che furono raccolte e pubblicate nel 1675 nel *Cours d'architecture*. Blondel 1675.

delle lezioni teoriche e in quelle sul Pantheon, che nel volume occupa uno spazio rilevante ed è oggetto di diverse lezioni, si commentano i disegni di Serlio e Palladio (Figura 2). La struttura muta ancora nel corso del XVIII secolo e una fotografia di un'accademia nella quale gli allievi ricevono lezioni tutti i giorni della settimana ci viene da Jaques François Blondel, professore dell'accademia tra il 1762 e il 1774. In un discorso pubblico del 1747 Jaques François Blondel descrive minuziosamente tutte le attività che si svolgono e, cosa ancor più interessante, gli argomenti delle lezioni, che risultano fondamentali per comprendere i contenuti dell'insegnamento nelle accademie¹⁵.

Alla fondazione dell'*Académie* vennero istituite due lezioni pubbliche a settimana, ma con il passare degli anni e le modifiche ai regolamenti cresce il ruolo didattico con un progressivo aumento delle ore di lezione. Nel 1749 Blondel parla di lezioni quotidiane, di carattere tecnico e scientifico¹⁶, il vero centro dell'insegnamento nell'*Académie* era la trattatistica classica. L'obiettivo di Colbert e della monarchia francese era quello di creare una classe di architetti ispirata alle antichità classiche e dunque nella neonata accademia si dava lettura, e si commentavano, i testi di Vitruvio, Palladio, Alberti, Vignola, Serlio, Scamozzi, accanto ai quali figuravano anche opere contemporanee.

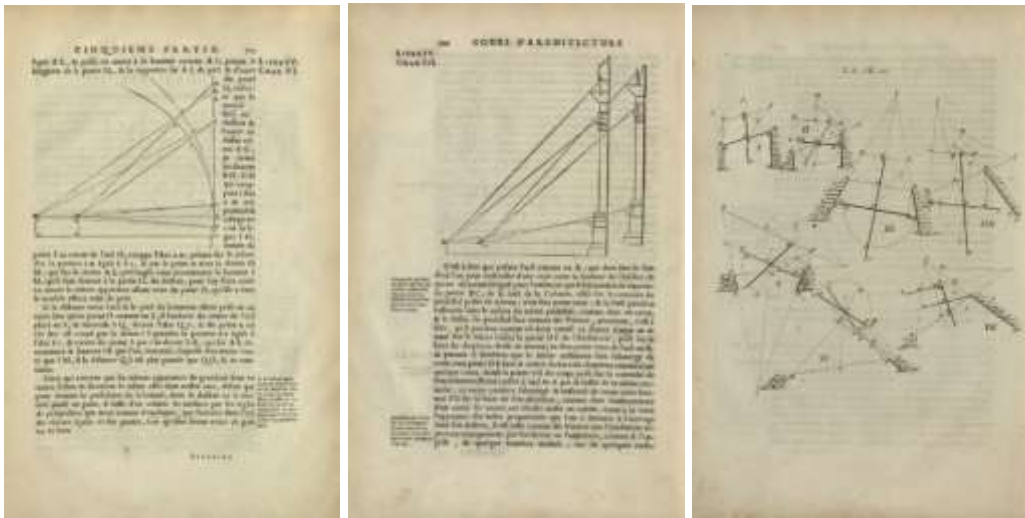


Figura 1 - *Cours d'architecture* - Nicolas François Blondel 1675 - Nel corso di Blondel non vi erano indicazioni dirette sul rilievo ma alcuni esercizi di geometria per misurare e progettare.

¹⁵ “la géométrie, l'arithmétique, la mécanique, c'est-à-dire les forces mouvantes, les hydrauliques, [...], la gnomonique [...], l'architecture militaire des fortifications, la perspective, la coupe des pierres et diverses autres parties de mathématique” Blondel 1747, Preface p. 3-4.

¹⁶ Gli *Eleve* seguivano corsi di matematica, fisica e stereotomia.

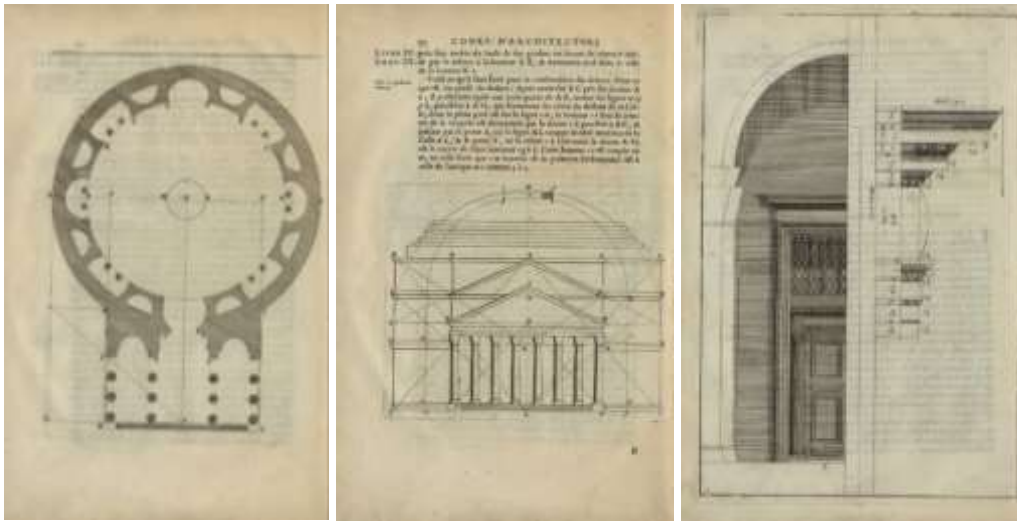


Figura 2 - *Cours d'architecture* - Nicolas François Blondel 1675 - Tra i numerosi esempi di architetture antiche nel corso è inserito anche il Pantheon nei disegni di Serlio e Palladio.

Un testo che diviene modello per le lezioni dell'accademia sono le pubblicazioni di Roland Fréart de Chambray, che il cardinale Richelieu aveva inviato nel 1640 a Roma insieme al fratello Paul, per “*ouvrir le chemin de France à tous les plus rares vertueux de l’Italie*”¹⁷. Chambray aveva pubblicato nel 1650 un “*Parallele de l’architecture antique avec la moderne*” che segnò nella letteratura artistica la nascita di un nuovo genere, il parallelo, un testo in cui si mettono a confronto gli ordini architettonici delle architetture antiche e moderne¹⁸. L’analogia e la prossimità con il lavoro delle accademie è evidente. Proprio il confronto e l’analisi tra le differenti soluzioni architettoniche era una delle principali attività dell’accademia e per questo una delle necessità primarie era quella **di dotarsi di materiali**, trattati, disegni di architetture antiche in cui i disegni di rilievo assumono un importante ruolo. Per questo motivo i primi viaggi ufficiali a Roma ebbero un carattere speciale, non vennero inviati giovani architetti in formazione, ma esperti architetti in grado di realizzare quel patrimonio di conoscenza necessario alla formazione delle nuove leve. In questa ottica va inquadrato il viaggio a Roma del 1674 di Antoine Desgodets, tra i primi francesi, allievi dell’accademia di architettura, a rilevare e disegnare il Pantheon.

¹⁷ Freart 1650.

¹⁸ Avon 2001.

2.2 Antoine Desgodets, il rilievo per la misura e la proporzione.

Antoine Desgodets iniziò a seguire le conferenze pubbliche dell'accademia nel 1672 e già due anni dopo, probabilmente grazie all'intervento dello stesso Colbert, venne inviato a Roma in missione speciale da Blondel. Desgodets, che non figura tra i registri dell'*Academie de France à Rome*, viaggiava insieme a uno dei primi *pensionnaires* Charles-Augustin Aviler e giunse in Italia solo nel febbraio del 1676 dopo un rocambolesco viaggio tra pirati ottomani, detenzione in Tunisia e scambio di ostaggi per la sua liberazione. Nei sedici mesi in cui soggiornò nella capitale ebbe un obiettivo ben preciso, rilevare con esattezza il maggior numero di edifici antichi possibile. Nello stesso periodo a Roma soggiornavano altri due francesi¹⁹ appartenenti a quella "cultura della misura" che ruota intorno alla figura di Jean-Baptiste Colbert²⁰. I rilievi di Desgodets furono improntati alla precisione ed egli svolgeva il proprio lavoro con grande intraprendenza, faceva eseguire scavi e sondaggi, costruire scale e ponteggi per misurare direttamente di persona i dettagli architettonici²¹. Il suo obiettivo dichiarato era quello di un rilievo scientifico, la rappresentazione di come gli edifici erano realmente e per questo si confrontava con i rilievi precedenti contenuti nei trattati di Serlio, Palladio, Antonio Labacco e Roland Fréart, mettendo in evidenza le differenze riscontrate. Nel suo lavoro Desgodets scelse di usare solo proiezioni ortogonali, piante prospetti e sezioni sono riportate con la tecnica dell'acquaforte, con tratti molto sottili e precisi²². Le unità di misura adottate per tutta la sua opera sono la *toise du Châtelet*, il *pied de Roi* e la *pouce*²³. Nonostante l'intento di ridisegnare gli edifici così come sono realmente, il che spiega la totale assenza di ipotesi ricostruttive, Desgodets opera comunque numerose "correzioni", ad esempio nel caso del Pantheon esso appare isolato dal

¹⁹ L'anonimo autore di "Description de la Rome moderne" del 1697 (una delle prime guide per viaggiatori edita dalla libreria Rossi) e Adrien Auzout (1622-1691), membro fondatore dell'Accademia delle Scienze.

²⁰ L'influenza del lavoro di Colbert, su Desgodets è grande, la ricerca dell'esattezza della misura li accomuna, ricordiamo che il ministro sarà il promotore in Francia della definizione del nuovo standard di misura la *toise du Châtelet*.

²¹ « J'ay vérifié le tout plusieurs fois pour me confirmer dans une certitude dont je pûsse répondre, ayant fait fouiller ceux qui estoient enterrez, & fait dresser des eschelles & autres machines pour approcher de ceux qui estoient beaucoup élevés, afin de voir de prés & prendre avec le Compas les hauteurs & les saillies de tous les membres, tant en general qu'en particulier jusqu'aux moindres parties ». Desgodets 1682.

²² L'acquaforte rispetto alla precedente la tecnica della xilografia permette di realizzare disegni più precisi e dettagliati.

²³ Anche se per i disegni del Pantheon Desgodets affianca a questa un modulo che è pari al diametro all'imoscapo delle colonne. Cellauro-Richaud 2010, p. 67.

contesto e liberato da tutti gli elementi aggiunti in epoca moderna, compresi i celebri campanili eretti nel 1626. Altro tipo di correzione che Desgodets denuncia nel testo, riguarda le volute e le foglie nei capitelli, e più in generale tutti quei dettagli, che il tempo aveva danneggiato e che potevano essere ricostruiti attraverso “l’estensione e la generalizzazione delle sue componenti”²⁴. Come già sottolineato nel capitolo 1, esiste un profondo legame tra queste “correzioni” del rilievo e gli interventi di “pulitura” realizzati durante il papato di Clemente XI²⁵.

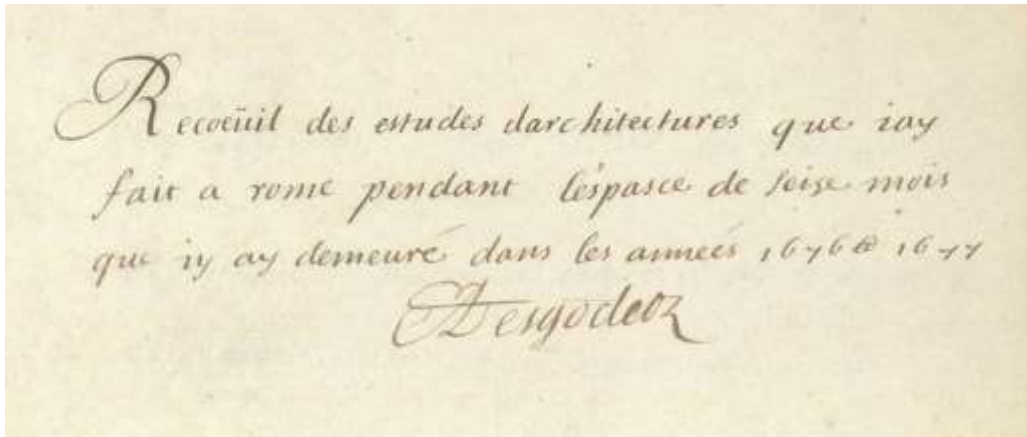


Figura 3 - *Les edifices antiques de Rome mesurés et dessinés très exactement* - Antoine Desgodets 1676-77 - Titolo autografo del primo manoscritto, rivisto più volte fino alla pubblicazione definitiva del 1682.

Nel manoscritto di preparazione (Figura 3-4)²⁶, Desgodets riporta i disegni di quarantotto edifici ma solamente venticinque saranno inclusi nell’edizione di *Les edifices antiques de Rome mesurés et dessinés très exactement*, pubblicata a Parigi nel 1682.²⁷

L’opera di Desgodets diventa ben presto un tema di discussione per l’Accademia²⁸, al suo rientro in Francia nel 1678 egli ottenne diversi incarichi da Luigi XIV, ma passarono vent’anni prima che potesse essere ammesso come membro dell’*Académie* e molti altri ancora prima che diventasse professore, come successore di Gabriel Philippe de La Hire, nel 1719 all’età di sessantasei

²⁴ Pasquali 1996, p.7.

²⁵ cfr 1.2.2 Restauri e trasformazioni tra il X ed il XIX sec.

²⁶ Desgodets 1676-77.

²⁷ Solo del Pantheon saranno pubblicate 23 tavole, corredate da un notevole numero di dettagli e quote, ed ogni elaborato sarà accompagnato da testi esplicativi nella maggior parte dei quali sono riportati gli “errori” o le differenze riscontrate con i rilievi precedenti.

²⁸ Herrmann 1958, pp.23–53.

anni. Il suo *Les edifices antiques[.]* fu al centro di molte lezioni, commentato, criticato e in alcuni casi verificato grazie al confronto con i disegni degli allievi dell'Accademia di Roma²⁹. Il motivo di tanto dibattito è insito nelle premesse del lavoro di Desgodets. Egli era stato inviato a Roma per misurare esattamente gli edifici antichi, alla ricerca di un sistema di rapporti proporzionali “perfetti” e numeri armonici di cui Blondel era tra i principali sostenitori³⁰. Il risultato del suo lavoro però, data la precisione delle misure contraddiceva proprio i principi del direttore dell'*Académie*, e per questo l'opera di Desgodets fu osteggiata da Blondel durante tutto il suo mandato.

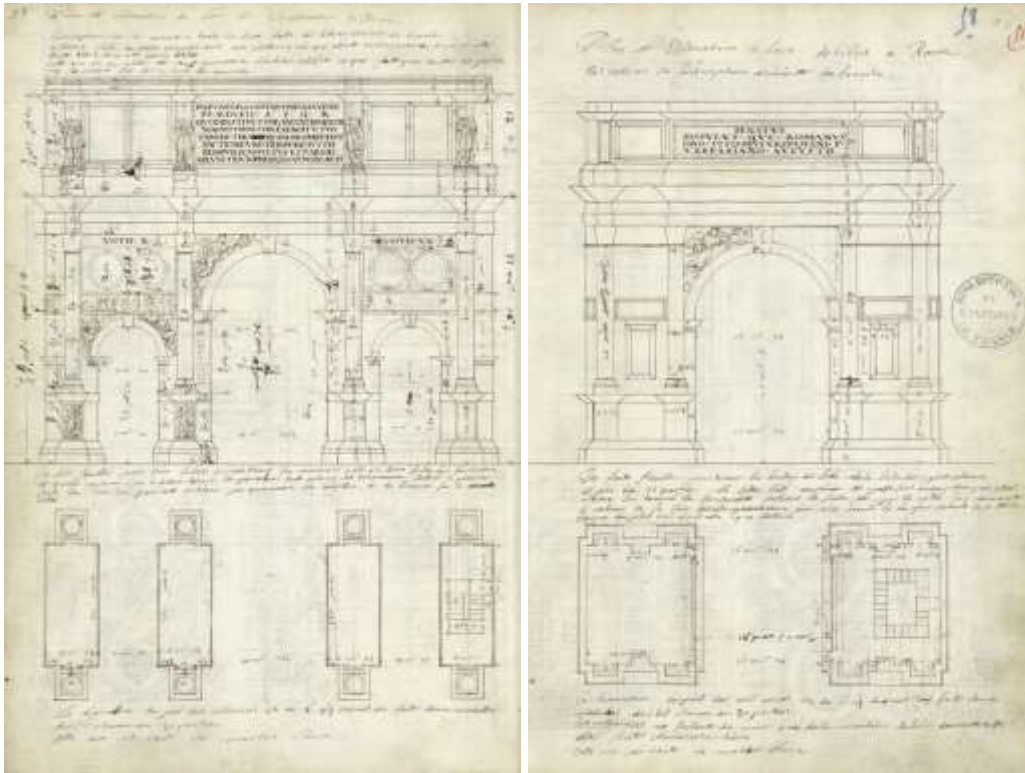


Figura 4 - *Les edifices antiques de Rome mesurés et dessinés très exactement* - Antoine Desgodets 1676-77 - Primo manoscritto, disegni di prospetto degli archi di Costantino e di Tito.

²⁹ A Gilles-Marie Oppenord, allievo dell'Accademia di Roma fu chiesto di verificare il rilievo dell'arco degli Argentari.

³⁰ L'atteggiamento di Blondel, nei confronti delle proporzioni era motivo di dibattito nel panorama culturale francese di fine '600. Claude Perrault, autore della facciata sud del Louvre e traduttore, critico, del trattato di Vitruvio, descriveva, stigmatizzandola, questa passione per “il mistero della proporzione” come una religione a cui gli accademici porgono un rispetto eccessivo. Perrault 1683, pp. XVII.

2.3 L'Accademia di San Luca e il concorso Clementino del 1754.

Quasi un secolo dopo i disegni di Desgodets, furono eseguiti dei nuovi rilievi del Pantheon grazie al concorso Clementino del 1754 bandito dall'Accademia di San Luca. Ancora una volta una accademia, promuove il rilievo del Pantheon, ma questa volta con scopi ed esiti molto diversi.

Aperta ufficialmente per volere di Sisto V nel 1593³¹, l'accademia romana presenta alcune analogie e molte differenze rispetto al modello francese nonostante i legami tra le due istituzioni nel corso del Seicento e del Settecento fossero molto forti³². In particolare bisogna osservare che, dato il contesto nella penisola italiana, era molto diverso il rapporto tra il potere e le corporazioni. Inoltre, a Roma, la gestione della didattica fu meno rigorosa.

In diverse occasioni l'Accademia aveva cercato di imporre, con scarsi risultati, la sua autorità sul sistema delle corporazioni, come nel 1633 con il papa Urbano VIII, o nel 1714, con il nuovo statuto emanato da Clemente XI³³. La riforma del 1714 aveva l'obiettivo di imporre il controllo dell'accademia su qualunque opera d'arte ma ottenne un risultato opposto, alla metà del XVIII secolo a Roma gli artisti erano più liberi dall'Accademia rispetto ai loro omologhi francesi.

Il ruolo didattico dell'accademia romana era stato altalenante nei secoli, le lezioni più volte accantonate e ripristinate ma solo dopo il 1754, quando Benedetto XIV istituì l'Accademia del Nudo, venne ribadito il ruolo centrale dell'accademia nell'insegnamento artistico. Dunque la formazione degli architetti a Roma, come in altre città italiane³⁴, aveva caratteristiche diverse, i giovani lavoravano nelle botteghe dei "maestri", negli atelier di un professore, e seguivano percorsi formativi individuali e il confronto con l'accademia avveniva in occasione dei concorsi accademici, più volte istituiti e sospesi.

Se la tradizione di distribuire premi agli allievi più dotati era in auge fin dal 1595, veri e propri concorsi, prima privati e poi pubblici, vennero progressivamente formalizzati fino al 1702 quando, sotto Clemente XI vennero istituiti i triennali concorsi clementini. Il concorso si sviluppava in due fasi, la prima prevedeva un

³¹ In questo paragrafo si analizza la formazione e il rapporto degli architetti con l'Accademia di San Luca nel corso del Settecento, per una storia dell'Accademia si rimanda al testo di Carlo Pietrangeli, Pietrangeli 1974.

³² Pevsner-Pinelli 1982, p.116.

³³ Pevsner-Pinelli 1982, pp.117-118.

³⁴ Mambriani 2007, p.109.

tema complesso che i partecipanti sviluppavano per circa un anno, la seconda un ex-tempore da effettuarsi in presenza, che veniva sorteggiato e sottoposto ai candidati per verificarne l'effettivo valore³⁵. Per ognuna delle tre classi dell'accademia era prevista una prova differente, in funzione della difficoltà. Per la terza classe, quella a cui accedevano gli architetti più giovani, il concorso consisteva nel rilievo di un edificio considerato modello da imitare. Analizzando i programmi dei Concorsi Clementini intorno alla metà del Settecento, lo studio di Susanna Pasquali del 2007 mette in evidenza che, con l'eccezione del 1754, 1758 e 1762, in cui si studiarono Pantheon, terme di Diocleziano e basilica di Massenzio, le altre prove hanno al centro "l'architettura moderna"³⁶. Ciò significa che per i giovani italiani lo studio e il disegno dell'antico, fuori dai programmi dell'accademia, era per lo più una attività remunerativa per via del *Grand Tour* e del mercato antiquario dei disegni, acquistati soprattutto dai viaggiatori stranieri. Molti sono i casi di giovani architetti italiani che disegnano e rilevano architetture antiche o per conto di stranieri o per dare vita a pubblicazioni nelle stamperie romane. Si ricordano, ad esempio, i primi anni romani di Piranesi presso la stamperia Vasi, ma soprattutto le decine di rapporti di scambio intercorsi tra giovani architetti italiani e illustri studiosi stranieri. Il palermitano Giuseppe Venanzio Maravuglia che insieme all'architetto scozzese Robert Mylne disegna i templi siciliani o Vincenzo Brenna e Giovanni Stern che lavoravano per il collezionista inglese Charles Townley e il pittore e antiquario Thomas Jerkins. Negli stessi anni a Roma fiorivano le iniziative editoriali sia di copie di disegni dell'antico, sia di documentazione dei nuovi rilievi e scavi, come quelli alla *Domus Aurea* di Ludovico Mirri e Vincenzo Brenna del 1776, o, nello stesso anno, quelli al Palatino di Giuseppe Barbieri³⁷.

Dunque in questa fase, contrariamente all'*Académie*, l'accademia di San Luca, non mette al centro dei suoi programmi l'architettura antica, e in effetti anche il Pantheon e le terme di Diocleziano vengono rilevate in quanto chiese e gli elaborati sullo stato antico sono separati, in tavole appositamente dedicate. Per questa ragione questi disegni rappresentano, ai fini di questo studio un documento prezioso. Gli architetti Francesco Demesmay, Bonaventura Solari e Giuseppe Annibaldi³⁸, rilevano lo stato di fatto della chiesa di Santa Maria ad

³⁵ Pietrangli 1974, pp.32-33.

³⁶ Pasquali 2007, p.25.

³⁷ Cipriani-Consoli-Pasquali 2007, p.25

³⁸ Numerose fonti (MARCONI 1974, PASQUALI 2007) citano questo architetto con il nome di Giuseppe Annibaldi ma sugli elaborati compare come Giuseppe Annibali di Macerata.

Martyres nel XVIII secolo, con uno scopo, e uno spirito diverso (Figura 5)³⁹. Il monumento antico viene disegnato in tavole separate, all'interno delle quali vengono riportate le diverse interpretazioni del Pantheon provenienti dalla trattatistica. Nei disegni di Demesmay, ad esempio, troviamo la riproposizione di quell'immagine del Pantheon antico, con gradoni interni e grandi nicchie coperte ad arco, già disegnata da Carlo Fontana nel 1694 e riportata nel suo "*Templum Vaticanum et ipsius origo cum aedificiis maximè conspicuis antiquitùs, & recèns ibidem constitutis; editum ab equite Carolo Fontana...*". Ma i disegni di questo concorso sono preziosi soprattutto per i rilievi, per la prima volta sono presenti i segni della trasformazione del tempio in chiesa che altri, prima e dopo di loro, non rappresenteranno⁴⁰.

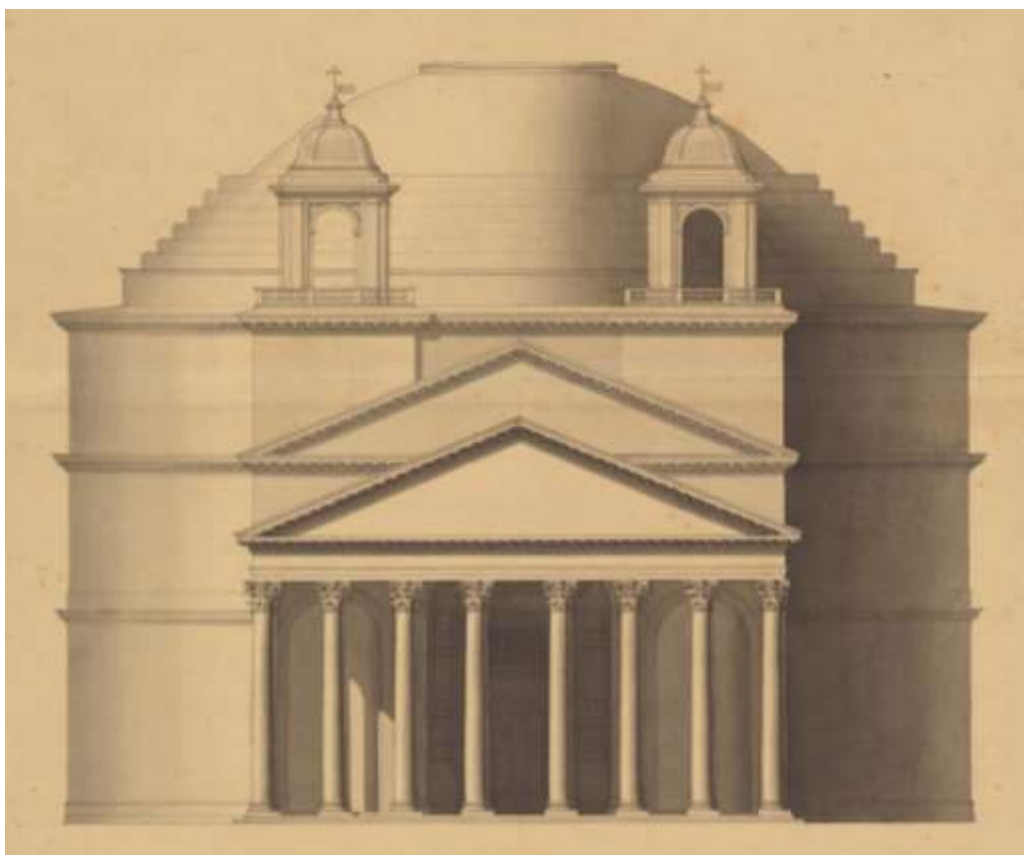


Figura 5 - Prospetto del Pantheon al 1754 - Giuseppe Annibaldi 1754 - In questo disegno Annibaldi riporta fedelmente il prospetto con i campanili del 1626.

³⁹ Si tratta della prima campagna di rilievo che si inserisce tra i rilievi di Desgodets del 1682 e quelli di Giovan Battista Piranesi 1756 ma come vedremo con esiti molto diversi.

⁴⁰ Il tema di "quale" Pantheon verrà rappresentato sarà approfondito nel prossimo capitolo analizzando nel dettaglio i disegni dei singoli autori.

2.4 Giovan Battista Piranesi e la formazione degli architetti in Italia tra 700 e 800.

Una connessione profonda tra Francia e Italia era già presente prima della rivoluzione francese e la cultura italiana “per tutta la seconda metà del 1700, gravitava verso la cultura francese, con rapporti non di semplice derivazione ma di vera e propria integrazione”⁴¹. Tra la metà e la fine del Settecento, Roma ospitava architetti, artisti, storici, studiosi provenienti da tutto il continente europeo. Come testimonia Susanna Pasquali nel suo saggio del 2007 sul Settecento romano, se è vero che tutti gli studi sull’antico, gli scavi, i disegni degli architetti francesi, le opere di Winkelmann, i pittori e gli architetti del *Grand Tour*, fanno parte della storia di Roma nella seconda metà del settecento è altrettanto vero che questi avvenimenti “non hanno mai avuto luogo nello stesso tempo e, mai soprattutto, si sono potuti sommare tutti assieme nell’esperienza di ciascun singolo artista”⁴². Per questo, al di là del clima che certamente ha delle influenze sull’apprendistato dei singoli autori è bene conoscere le esperienze condotte dai singoli architetti per la loro formazione. Tra gli autori italiani che, in occasione del restauro della cupola del 1756⁴³, si occupò del disegno e rilievo del Pantheon si deve ricordare Giovan Battista Piranesi⁴⁴.

Come la maggior parte degli architetti del suo tempo, Piranesi si forma in una o più “botteghe”. Inizia gli studi a Venezia con lo zio Matteo Lucchesi ingegnere e architetto, da sempre interessato allo studio dell’antico⁴⁵ che lo introduce all’uso dello squadro agrimensorio, l’alidada, il regolo pieghevole e la squadra

⁴¹ Gabetti-Marconi 1971, 3, p.33.

⁴² Pasquali 2007, p.23.

⁴³ Durante le opere di restauro della cupola nell’anno 1756 gli architetti di S. Pietro, Giovanni Corsini, detto Campanarino, e Tommaso Albertini, realizzano un ponteggio mobile per restaurare la cupola del Pantheon. Il disegno del ponteggio e lo studio della struttura della cupola, ed alcuni documenti (Marconi 2015, p.54) testimoniano la presenza di Piranesi sul cantiere anche se i disegni verranno pubblicati solo nel 1780 dal figlio Francesco. Piranesi 1790.

⁴⁴ Per descrivere la complessa figura di architetto, antiquario, incisore, di Giovan Battista Piranesi si rimanda alla bibliografia che ha accompagnato il presente studio. Wilton-Ely 2008; Brunel 1976. Foucillon-Calavesi-Monferini 1967. Il centro di questa ricerca è invece la sua formazione, sia per comprendere meglio i disegni, sia per descrivere il panorama della formazione in Italia, e a Roma, a metà del Settecento.

⁴⁵ A testimonianza dell’interesse di Matteo Lucchesi per lo studio dell’antico si veda l’opera sul "sopraornato toscano" da lui pubblicata nel 1730. Lucchesi 1730.

zoppa. Ben presto il giovane lascerà lo zio per studiare presso altri, grandi, maestri. Fu allievo dell'incisore Carlo Zucchi, apprese i principi della scenografia dai pittori Domenico e Giuseppe Valeriani e frequentò la bottega dell'architetto palladiano Giovanni Antonio Scalfarotto durante la ricostruzione della chiesa di San Simeon Piccolo. Dopo questo iniziale periodo veneziano, Piranesi si trasferì a Roma nel 1740 a seguito dell'ambasciatore veneziano Foscarini, visitando, durante il viaggio, il Tempio Malatestiano di Rimini e il Tempietto del Clitunno lungo la via Flaminia (Figura 6).



Figura 6 - Tempietto del Clitunno lungo la via Flaminia - Giovan Battista Piranesi 1740.

A Roma Piranesi trova impiego nella bottega dell'incisore siciliano Giuseppe Vasi, presso il quale perfezionerà, tanto da superare il suo maestro, le tecniche di incisione apprese a Venezia. Comincia così la fortunata carriera di Giovan Battista Piranesi incisore, le sue prime vedute romane del 1741 diventano ben presto un punto di “riferimento culturale indispensabile per comprendere l'ambiente culturale italiano e riconoscere i luoghi della classicità”⁴⁶. Piranesi è osservatore attento, studia i singoli monumenti facendo sondaggi e scavi. Le sue operazioni di misura non sono si basano sul modulo come quelle di Desgodets, ma nella cura dei dettagli architettonici, egli disegna e rileva in scala 1:1⁴⁷. Se da una parte le sue vedute, prospettive con angoli suggestivi e abbassamento dell'orizzonte, popolate di figure ed elementi naturali, alimentano quel gusto pittoresco e ospitano elementi fantastici, dall'altra il lavoro di piante prospetti e

⁴⁶ Pratelli-Gaiani 1990, p.28.

⁴⁷ Docci-Maestri 1993, p.170.

sezioni è decisamente più rigoroso⁴⁸. Se è vero che rappresenta anche parti di architetture che non ha rilevato personalmente e gli vengono riportate da altri, o che completa, aggiungendo per analogia, parti di edifici inaccessibili, nelle sue piante Piranesi differenzia le parti di edificio al momento esistenti e quelle ipotetiche andate perdute (Figura 7).

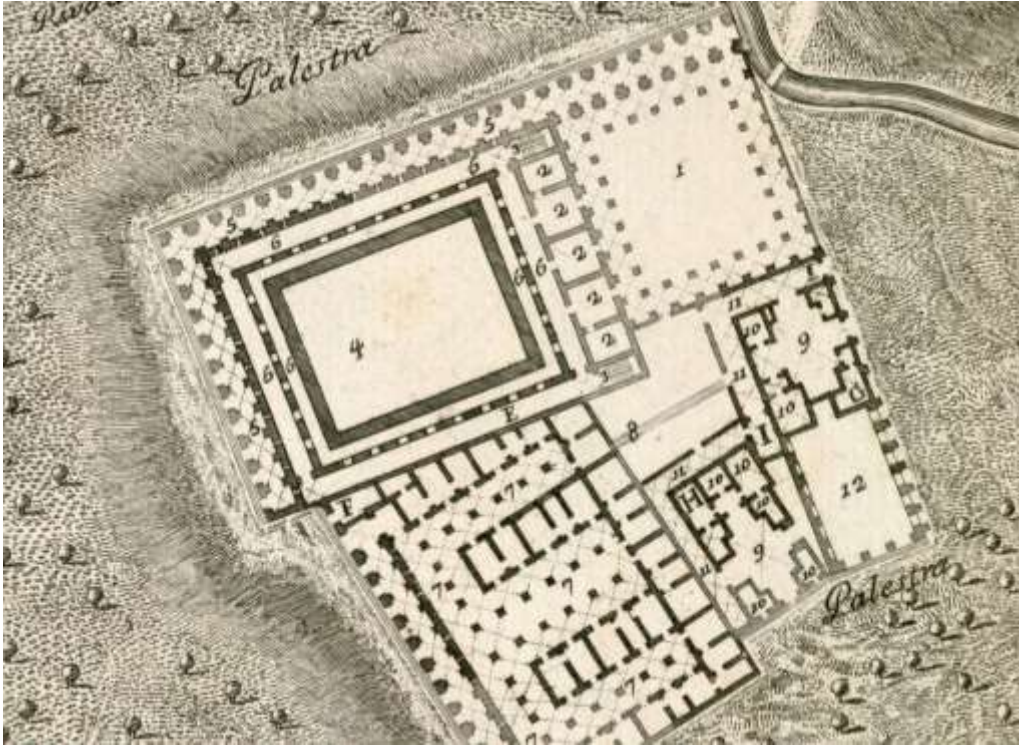


Figura 7 - Pianta di villa Adriana (particolare) - Giovan Battista Piranesi e Francesco Piranesi 1781 - Con l'uso di diverse tonalità di colore Piranesi differenzia le parti di edificio al momento esistenti e quelle ipotetiche andate perdute.

Come suggeriscono Docci e Maestri nella *Storia del rilevamento architettonico e urbano*: “va annoverata la dicotomia, voluta dall’autore, tra dati oggettivi (piante, prospetti e sezioni) e figurazioni prospettiche, eseguite spesso con effetti di grandiosità e magnificenza”⁴⁹. Senza dimenticare che Piranesi è tra i primi autori a spingersi al di sotto della pelle dell’edificio, rappresentando elementi strutturali dedotti dall’osservazione delle rovine e dei crolli come ad esempio nei

⁴⁸ Piranesi « combine l’exactitude du relevé avec la virtuosité d’un graveur de caprices ». Oechslin 1978.

⁴⁹ Docci-Maestri 1993, p.171.

disegni del Pantheon in cui per la prima volta compare all'interno della sezione trasversale una rappresentazione della ipotetica struttura della cupola⁵⁰. Il lavoro di Piranesi era finalizzato alla pubblicazione di una opera specificatamente dedicata al Pantheon, come testimoniano le lettere di Pierre Jean Mariette, incisore e collezionista francese che nel 1758 scriveva a Giovanni Gaetano Bottari descrivendo con interesse un'opera che però non vide mai la luce⁵¹. Fortunatamente il materiale del padre confluì nella *Raccolta de' tempj antichi*⁵², pubblicata tra il 1780 e il 1790 dal figlio Francesco Piranesi, che probabilmente vi aggiunse alcuni dei suoi rilievi del Pantheon⁵³.

L'influenza dei disegni di Piranesi, sugli architetti stranieri, e in particolare sui *pensionnaires* dell'Accademia di Francia a Roma, fu innegabile tanto che egli decise di aprire la sua bottega di incisore proprio di fronte a palazzo Mancini, sede romana dell'*Académie*. I rapporti con alcuni dei *pensionnaires* andarono oltre il semplice scambio di esperienze, si veda ad esempio la collaborazione, nei primi anni di Piranesi a Roma con Jean-Laurent Legeay⁵⁴, o la condivisione di alcune ricerche archeologiche con Charles-Louis Clérisseau⁵⁵. Al contrario non vi è una diretta testimonianza del rapporto con i giovani architetti romani che frequentavano l'accademia di San Luca di cui Piranesi entrerà a far parte solo nel 1761.

⁵⁰ Se si fa l'eccezione dei disegni di Palladio che però mostrano un minore approfondimento e appaiono molto più schematici.

⁵¹ Per la storia e le motivazioni che portarono Giovan Battista Piranesi a non pubblicare il volume illustrato sul Pantheon si veda il saggio di Susanna Pasquali, Pasquali 2008.

⁵² Nel volume sono contenute 27 tavole: piante, prospetti, sezioni e dettagli architettonici, che verranno analizzate nel terzo capitolo. L'edizione acquisita porta la dicitura: XXIX stampa, Piranesi 1790.

⁵³ Come dimostrano alcuni documenti da giovane Francesco avrebbe rilevato il Pantheon, Erouart-Mosser 1978.

⁵⁴ Il rapporto con alcuni allievi dell'*Académie* è talmente stretto che è difficile identificare quale dei due autori influenzi l'altro, ad esempio nel saggio di J. Harris (Harris 1967), viene avanzata l'ipotesi che nei primi anni quaranta sia stato Le Geay a influenzare il più giovane Piranesi, e non viceversa.

⁵⁵ Cardone 2014, p.135.

2.4 Achille Leclère e i pensionnaires dell'Académie des Beaux-Arts tra Settecento e Ottocento.

Il ruolo dell'accademia, il suo legame diretto con la monarchia e le evoluzioni nei regolamenti interni, rappresentano un elemento chiave per interpretare il clima in cui operano i *pensionnaires* a cavallo tra Settecento e Ottocento.

Il lavoro dei giovani architetti ospiti dell'*École* a Roma era condizionato dai regolamenti imposti per gli *Envois*. Nel 1778 una riforma del regolamento segnò profondamente il rapporto tra i pensionnaires e lo studio dell'antico. Prima di quella data i *pensionnaires* rilevavano essenzialmente delle architetture "moderne"⁵⁶, ma con questo nuovo regolamento ad ogni allievo venne richiesto espressamente di rilevare un monumento antico. La bozza di regolamento predisposta da tre membri dell'*Académie*, prevedeva un vero cambio di prospettive per i *pensionnaires*⁵⁷. Si imponeva la scelta di un monumento antico come oggetto di studio, questo doveva essere rilevato accuratamente, alle differenti scale, sia generali sia di dettaglio e rappresentato su un formato standard: *le grand aigle de Hollande*⁵⁸. Inoltre, qualora il monumento fosse in uno stato di rovina, con parti o rivestimenti mancanti, era richiesto al pensionnaire di "*suppléer et restituer*"⁵⁹ per fornire un'immagine completa del monumento⁶⁰. Dunque fu lo stesso regolamento del 1778 a spingere i giovani architetti ad occuparsi di archeologia, a chiedere loro di rilevare con attenzione anche i frammenti ritrovati nei pressi del monumento, attraverso i quali operare le "restituzioni"⁶¹. Già al momento della riforma alcuni membri dell'accademia come L. Hautecoeur e F. Boyer rilevarono questo cambiamento come una tendenza a trasformare gli architetti in archeologi⁶². Ben presto però gli stessi

⁵⁶ Pinon-Amprimoz 1988, p.6.

⁵⁷ Il testo venne predisposto nell'aprile del 1778 dagli accademici A.F. Peyre, L.P. Moreau-Desproux e Ch.A. Guillaumot.

⁵⁸ Le cui dimensioni variano tra 75x105cm e 75x110cm.

⁵⁹ "completare e ricostruire"

⁶⁰ "que l'élève ait à les suppléer et restituer, son travail sera conduit par la pénétration et le jugement, et en ce cas, ce qui se trouveroit encore entier, même de moins important, sera dessiné avec exactitude pour donner à connoître autant qu'il sera possible par ces fragmens, la vrai semblance des décorations et ornemens suppléés et restitués." dal regolamento del 1778, AABA, B.19, fasc.6

⁶¹ Non è possibile parlare di ricostruzioni o restauri in quanto in questo regolamento e nei verbali dell'accademia non compare ancora la parola "*restaurations*" che ritroviamo invece nelle fasi preparatorie del regolamento del 1787. Pinon-Amprimoz 1988, p.27.

⁶² Pinon-Amprimoz 1988, p.21.

accademici scorsero una scarsa attinenza nelle restituzioni e decisero di intervenire sul regolamento puntando sulle effettive competenze dei giovani architetti: la capacità di effettuare disegni e rilievi. Il nuovo regolamento del 1787 riduce sia le "*restauration*" sia gli elaborati di progetto che i *pensionnaires* erano chiamati a realizzare. Al contrario si incrementa il ruolo del rilievo dei monumenti antichi che, per la prima volta dalla sua istituzione, non vengono più scelti dagli allievi ma imposti dall'Académie. In questo modo l'accademia poté dotarsi di un sostanzioso corpus di rilievi di monumenti antichi, tutti elaborati sul medesimo formato, che confluirono nella biblioteca.

Il legame tra Luigi XVI e l'accademia condizionò notevolmente il destino di quest'ultima durante gli anni della rivoluzione. Le attività si ridussero molto, tanto che tra il 1789 e il 1790 gli studenti rifiutano di partecipare ai *Prix de Rome* in attesa di nuovi regolamenti. La fine dell'accademia era vicina, con decreti dell'agosto e settembre 1793, la Convenzione rivoluzionaria ne sancì la chiusura definitiva⁶³. Nel 1795, la Convenzione fondò l'*Institut "college de savants"*, un'istituzione culturale che raccoglieva le scienze e le arti e che gestì anche l'*Académie de France a Rome*⁶⁴. Durante questi sconvolgimenti politici, le chiusure della sede a Roma, la soppressione dei concorsi, i regolamenti per i *pensionnaires* non vennero modificati. Solo nel febbraio del 1799, alcuni mesi prima del rientro di Napoleone in Francia e della sua ascesa al potere, venne stabilito il nuovo regolamento, che sancì definitivamente la struttura dei cinque anni e l'obbligatorietà delle "*restaurations*". Tra il primo e terzo anno i *pensionnaires* devono occuparsi di rilevare e studiare ogni anno un monumento antico a loro scelta. Nel quarto anno affrontano un tema più importante, come interesse o dimensioni, affiancando al rilievo le *restaurations*. Alla fine del loro soggiorno romano, nel quinto anno, si dedicano ad un progetto per un monumento pubblico⁶⁵. Fatta salva qualche piccola modifica del 1803-04, fu questo l'impegno richiesto ad Achille Leclère, pensionnaire tra il 1809 e il 1813 quando affrontò la *restauration* del Pantheon.

Achille Leclère entrò all'École des Beaux-Arts nel 1804, dapprima presso l'atelier di Durand e successivamente in quello di Percier. Dopo i primi anni di formazione cominciò a cimentarsi con i concorsi per il *Grand Prix de Rome*, ottenendo il secondo premio nel 1807 e il primo nel 1808. Il suo soggiorno a villa Medici iniziò l'anno successivo e gli consentì di viaggiare tra Napoli e la Toscana,

⁶³ Gabetti-Marconi 1971, 3, p.35.

⁶⁴ Gabetti-Marconi 1971, 3, p.35.

⁶⁵ Pinon-Amprimoz 1988, p.51.

ma restano tutti romani i temi di studio dei suoi primi tre anni. Leclère cominciò i suoi studi con i rilievi di dettaglio del Tempio di Giove Stator (Tempio di Castore e Polluce), del Tempio della Fortuna Virile, del foro di Nerva del Tempio di Giove Tonante e del Tempio di Antonino e Faustina. Come stabilito dai regolamenti dell'accademia⁶⁶, i lavori dei primi anni restavano di proprietà degli autori. Al contrario il tema del quarto e del quinto anno erano di proprietà della Repubblica e dunque è presso la biblioteca dell'*École des Beaux-Arts* di Parigi che questi disegni sono conservati, in particolare la raccolta di 21 elaborati sul Pantheon (Figura 8). Dopo il suo rientro in Francia, nel 1814, Leclère restò legato all'*École* e si dedicò sin da subito all'insegnamento dell'architettura. Il suo atelier, fondato nel 1815, ospitò i più importanti architetti francesi del tempo, tra cui, ad esempio, Viollet-Leduc.

I regolamenti successivi e in particolare quello del 1821, modificano solo in parte la vita dei *pensionnaires*⁶⁷. Ispirato dal potente *Secrétaire Perpetuel* dell'*Académie* Quatremère de Quincy, questo regolamento oltre a fissare i formati e i contenuti di tutti gli elaborati, stabilì che l'accademia copiasse tutti i rilievi effettuati nei primi tre anni dai *pensionnaires*⁶⁸. L'obiettivo era quello di consentire lo studio dei monumenti antichi a tutti gli studenti dell'*École*. Dalla lettura attenta di questo regolamento e dei documenti successivi che riguardano le sue modifiche⁶⁹, emerge dunque un aspetto molto interessante e poco evidenziato. È noto che alcuni *pensionnaires* arricchiscono le loro cartelle di disegni copiando lavori precedenti, come si può notare nei disegni di Prosper Morey confrontandoli con quelli di Henry Labrousse⁷⁰. È altrettanto noto che alcune delle *restaurations* proposte al quarto anno risultino ricche di "invenzioni". È vero che i giovani architetti restano interessati al tutto, alla forma completa e che come afferma Pierre Pinon "l'archeologia degli architetti non è quella degli archeologi"⁷¹. C'è però un aspetto poco sottolineato. La maggior parte dei disegni visibili e conservati all'*Académie* sono quelli del quarto anno, che prevedono le *restaurations*. Tutti gli altri disegni, tornavano in possesso dei *pensionnaires*, e molti non sono più visibili. Dunque, più che le *restaurations*, la vera formazione dei *pensionnaires* era fondata sul rilievo, solo la parziale

⁶⁶ Pinon-Amprimoz 1988, p.56.

⁶⁷ Per la prima volta si richiede uno studio costruttivo per l'*Envoi* di terzo anno. Pinon-Amprimoz 1988, p.61.

⁶⁸ Pinon-Amprimoz 1988, p.56.

⁶⁹ Archives de l'Académie de France à Rome, carton 23. Lettre de Quatremère de Quincy à Thévenin du 14 janvier 1818. 106, in Pinon-Amprimoz 1988, p.60.

⁷⁰ Pinon 1992, p.XXI.

⁷¹ Pinon 1992, p. XXV.

scomparsa di questo materiale ha spostato l'attenzione sulle ricostruzioni. I *Pensionnaires*, rilevavano sia grandi momenti sia dettagli architettonici, vi si dedicavano per 4 anni, producevano centinaia di disegni, molti dei quali andarono perduti nonostante l'iniziativa dell'*Académie* volta a copiare questo patrimonio⁷². Dal punto di vista della documentazione dello stato di conservazione di questi monumenti nell'800, il valore di questi disegni è fondamentale. Essi risentono delle conoscenze storiche dell'autore, delle strumentazioni che egli poté adottare, e, non ultime, delle richieste espresse attraverso i regolamenti.



Figura 8 - Prospetto nord del Pantheon - Achille Leclère 1813.

⁷² Pinon-Amprimoz 1988, p.56.

2.5 George Chedanne e l'Académie des Beaux-Arts nella seconda metà dell'Ottocento.

Lo studio dell'antico aveva avvicinato molto i giovani architetti francesi al mondo dell'archeologia. Molti di loro facevano parte della Pontificia Accademia Romana di Archeologia e va notato che i primi numeri dei bollettini e degli annali dell'Istituto di Corrispondenza Archeologica furono pubblicati in francese⁷³. Come abbiamo visto nel precedente paragrafo la passione dei *pensionnaires* per l'archeologia, sancita e ribadita anche dai regolamenti, sarà sincera fino alla metà del secolo. È sufficiente ricordare i lavori di Auguste Caristie e Victore Baltard, artefici degli scavi e dei rilievi del tempio di Castore e Polluce, dei numerosi templi di Selinunte e Agrigento, o del Teatro di Pompeo, per dare il giusto valore a questa attività di scavo, ricerca e documentazione svolta dai *pensionnaires* in Roma. Ciononostante, come afferma Pierre Pinon, occorre limitare del tempo questa sincera passione per l'archeologia, "fino a che gli architetti hanno avuto bisogno di modelli antichi per la loro produzione architettonica, essi hanno partecipato attivamente alla ricerca archeologica"⁷⁴.

Verso la metà del XIX secolo, l'antico greco e romano non è il solo modello ad influenzare le teorie architettoniche. L'evoluzione dei modelli, che sia aprono all'ecllettismo, induce i *pensionnaires* ad interessarsi al Rinascimento o al Medio Evo. In questo senso nella seconda metà del secolo avviene uno scollamento tra i regolamenti che impongono ancora lo studio "archeologico" dell'antico e gli interessi di quell'élite culturale che a Roma orbita intorno a villa Medici che guarda con interesse a nuovi modelli. Lo scontro tra queste due posizioni, tra l'accademia di Quatremère de Quincy e quella di Henry Labrousse produsse alcuni cambiamenti nei regolamenti interni dell'accademia ma soprattutto incise notevolmente sugli *Envois*⁷⁵. Se da un lato il regolamento del 1863 cambia radicalmente il lavoro a Roma, riducendo a quattro anni il periodo di soggiorno e modificando i formati dei disegni richiesti, è nei contenuti che si assiste ad una prima e importante rivoluzione. Nel regolamento del 1863 si richiede lo studio di architetture del Medio Evo e architetture del Rinascimento⁷⁶, si va cioè incontro a quella tendenza che vedeva, a partire dagli anni '50 dell'Ottocento, le cartelle

⁷³ Pinon 1992, p. XV e nota n.20.

⁷⁴ Pinon 1992, p.XVI.

⁷⁵ Gabetti-Marconi 1971, 6, p.37

⁷⁶ Pinon-Amprimoz 1988, p.64.

dei *pensionnaires* riempirsi di altri riferimenti oltre all'antico. Ciononostante questo processo di allontanamento dallo studio archeologico, testimoniato spesso da tendenze verso il pittoresco, esistono alcuni esempi di vera passione archeologica anche nella seconda metà del XIX secolo, uno di questi è il lavoro che George Chedanne intraprenderà nel 1892 per il Pantheon.

Originario della regione di Rouen, Georges Chedanne ha origini modeste ma grazie alle sue doti di disegnatore ottenne una borsa di studio dipartimentale e nel 1881 entrò all'École des *Beaux-Arts* nell'atelier di Julien Guadet. Vinse il primo premio nel *Grand Prix* del 1887, e soggiornò a Villa Medici fino al 1892. Nei primi anni del suo soggiorno a Roma, si dedicò allo studio di alcuni monumenti antichi: la Colonna Traiana; il Tabularium; il Teatro di Marcello e alcuni affreschi e decorazioni interne di una domus nei pressi de la Farnesina⁷⁷. Per il suo quarto anno, nel 1891, scelse il Pantheon, iniziando a rilevare gli ordini del portico. Solo successivamente, grazie all'intervento di Eugène Guillaume, direttore dell'Académie de France à Rome, ottenne dal Ministero della Pubblica Istruzione, che venisse realizzato un cantiere sia per effettuare alcuni interventi di restauro, sia per compiere indagini conoscitive. Nel gennaio del 1892, Luca Beltrami e Giuseppe Sacconi, affiancati dal giovane Pier Olinto Armanini⁷⁸ furono incaricati di realizzare all'interno della chiesa un ponteggio che si spingeva fino a 7 metri al di sopra della cornice di imposta⁷⁹ con l'obiettivo di studiare e intervenire con manutenzione e restauro sul monumento. Il lavoro effettuato da Chedanne sul Pantheon va oltre gli obblighi regolamentari del suo *Envois*. Per completarlo ottenne il prolungamento di un anno della sua permanenza a Roma tanto per la passione dedicatavi quanto per gli importanti risultati conseguiti. Al termine del soggiorno italiano la sua carriera fu contrassegnata da importanti opere ma soprattutto da esposizioni dei suoi lavori sul Pantheon in tutta l'Europa. Questi elaborati comprendono più di 30 disegni, dei quali solo 6 furono consegnati e sono tutt'ora visibili, all'École des *Beaux-Arts* (Figura 9)⁸⁰. Tutti i suoi disegni furono invece esposti più volte in Francia, dove Chedanne vinse la medaglia d'oro al salone di Parigi del 1894, e a Londra al *Royal Institute of British architects* nel 1895. In questa occasione un resoconto

⁷⁷ Come da regolamento Chedanne fu chiamato a realizzare anche studi su architetture Rinascimentali e Medioevali come ad esempio i rilievi della copertura della cappella Sistina. Pinon-Amprimoz 1988, p.423.

⁷⁸ Vincitore nel febbraio del 1892 del primo concorso per il "Pensionato Artistico Nazionale in Roma"

⁷⁹ Beltrami 1898.

⁸⁰ BEBA, Georges Chedanne, Il Pantheon 1891, 6 disegni, numero di immissione 24804.

della mostra, con un prezioso elenco di tutti i disegni pubblicato da Phene Spiers ci consente di conoscere il contenuto delle tavole, mai pubblicate⁸¹.

Il suo rilievo doveva contenere diversi disegni tra cui certamente: una planimetria generale, che inquadrava il tempio tra gli edifici circostanti; una pianta con l'indicazione del pavimento; una pianta delle fondazioni e degli scavi. Tutti questi disegni, e molti altri realizzati da Chédanne non sono conservati presso la biblioteca dell'Académie, nella quale è stato possibile esaminare i prospetti, le sezioni e uno spaccato assonometrico che mostra le ipotesi costruttive emerse dagli scavi del 1892. Tra i disegni perduti ve ne sono alcuni in cui le ipotesi ricostruttive di Chédanne si spingono fino ad ipotizzare un portico di ingresso del Pantheon di Agrippa composto da 10 colonne, e uno spaccato assonometrico denominato “Studio generale della struttura” in cui viene mostrata la costruzione del nuovo Pantheon sotto l'imperatore Adriano⁸².



Figura 9 - Prospetto nord del Pantheon - George Chédanne 1892.

⁸¹ Per l'elenco elaborati si veda l'appendice: 8.1 Elenco Elaborati.

⁸² Loerke 1982.

2.5 Luca Beltrami e Pier Olinto Armanini e la formazione degli architetti in Italia nel XIX sec.

La dominazione francese sotto Napoleone Bonaparte aveva lasciato all'Italia un sistema di Accademie Nazionali di Belle Arti, a Milano, a Bologna e a Venezia, che si avvicinavano al modello dell'Accademia di San Luca il quale a sua volta aveva alcune analogie con il modello accademico francese⁸³. Tra queste certamente quella con una maggiore influenza nel panorama culturale del neonato Regno d'Italia era l'Accademia di Brera, non fosse altro per via del ruolo di Milano capitale del neonato regno. La riorganizzazione sotto Napoleone con l'avvento della Repubblica Cisalpina nel 1797 raccolse l'eredità della più giovane accademia, voluta da Maria Teresa d'Austria circa trent'anni prima⁸⁴. Anche alla fine della dominazione francese, nel 1814, con il rientro degli austriaci, l'accademia di Brera per i primi anni mantenne le sue autonomie e gli stessi docenti. L'istituzione, nata per formare architetti e decoratori da coinvolgere per il generale rifacimento di Milano, aveva un prestigio tale da garantirne una iniziale continuità. Il modello accademico era quello classico, costituito da classi di Scultura, Pittura e Architettura al cui interno venivano impartiti diversi corsi. Per l'architettura si svolgevano i corsi di Architettura Elementare, Superiore e Ornato. Ai corsi si affiancavano anche i concorsi, che già sotto Napoleone avevano cadenza annuale e garantivano un pensionato artistico a Roma⁸⁵. Tra il secondo periodo austriaco e il risorgimento, l'accademia di Brera e quella di Venezia furono unificate sotto la direzione dell'imperiale Accademia di Vienna. Il nuovo regolamento del 1838-42 modificò in parte gli statuti interni e restrinse la partecipazione ai concorsi ai soli sudditi del Lombardo-Veneto. Durante i moti che portarono alla fine della dominazione austriaca gli accademici di Brera si schierarono più volte in favore dei rivoltosi, i "ragazzi di Brera" parteciparono attivamente ai combattimenti delle Cinque Giornate. Ciononostante l'organigramma dell'accademia rimase immutato anche dopo la sconfitta. La grande rivoluzione avvenne nel 1859 quando l'accademia fu sciolta in attesa di un nuovo ordinamento redatto da una commissione istituita dal nuovo Regno di Sardegna. Nasce così nel 1860 la nuova Accademia di Brera, scuola che sarà frequentata da Luca Beltrami e Pier Olinto Armanini, autori dei rilievi e degli scavi del 1892. Profondamente riformata negli statuti anche nel 1879 vede tra i

⁸³ Gabetti-Marconi 1971, 6, p.38.

⁸⁴ Ferrari-Biasco 2008, pp. 28-30

⁸⁵ Gabetti-Marconi 1971, 6, p.38.

professori più illustri della scuola di Architettura Camillo Boito e Archimede Sacchi. La caratteristica principale di questa scuola resta la sua duplice funzione, da un lato "lo studio delle arti propriamente dette" dall'altro l'apertura all'artigianato specializzato delle nascenti industrie⁸⁶. Questa caratteristica impone una attenta preparazione tecnica al disegno che sarà evidente soprattutto nel lavoro di Armanini.

Luca Beltrami frequentò per poco l'Accademia di Brera, preferendo seguire il suo maestro Camillo Boito quando quest'ultimo andò ad insegnare all'Istituto Tecnico Superiore di Milano (attuale Politecnico)⁸⁷. I suoi studi proseguirono poi all'*École des Beaux-Arts* dove fu ammesso nel 1877 nell'atelier di Jean Louis Pascal. È a Parigi che Beltrami coltivò la sua passione per la storia e la ricerca archivistica, sempre applicata ai cantieri che seguì personalmente, come ad esempio quello dell'Hotel de Ville di cui eseguì i rilievi. Tra gli aspetti fondamentali della sua biografia, occorre sottolineare la grande competenza tecnica, che lo portò ad acquisire la cattedra di disegno e rilievo presso l'Accademia di Brera nel 1880, e la grande notorietà acquisita con i restauri del il Castello Sforzesco di Milano, che gli valsero il ruolo direttore dell'Ufficio regionale per la Conservazione dei Monumenti Lombardi, dipendente dal Ministero della Pubblica Istruzione. Pertanto quando il Ministero ricevette la richiesta dell'*Académie de France à Rome* di studi da effettuare sul Pantheon, venne affidato a lui e a Giuseppe Sacconi, suo omologo per le Marche e l'Umbria, l'incarico di seguire il cantiere.

L'architetto Pier Olinto Armanini, aveva frequentato l'accademia di Brera e, come Beltrami era stato anch'egli allievo di Camillo Boito. Nel 1891 vinse, all'età di 21 anni, il primo concorso per il Pensionato Artistico Nazionale in Roma, e venne chiamato da Beltrami per seguire il cantiere del Pantheon e realizzare tutti i rilievi. Beltrami era a conoscenza delle qualità del giovane allievo dell'Accademia di Brera, per aver partecipato alla commissione che gli attribuì la vittoria del pensionato. In ragione del regolamento, che imponeva per il primo anno lo studio di un monumento antico, Beltrami ritenne opportuno approfittare delle sue competenze⁸⁸. La raccolta dei disegni effettuati nel primo anno, fu inviata da Armanini al Ministero, accompagnata da una breve relazione nella

⁸⁶ Ferrari-Biasco 2008, p.60.

⁸⁷ La biografia e le opere di Luca Beltrami, architetto, professore all'accademia di Brera e parlamentare del Regno d'Italia, sintetizzate in questo paragrafo sono tratte dagli studi di Amedeo Bellini: Bellini 1998; Bellini 2005; Bellini 2008.

⁸⁸ Beltrami 1898, p.17

quale lui stesso sottolineò la propria attitudine a riportare i fatti, le evidenze archeologiche emerse dagli scavi, evitando al momento le interpretazioni⁸⁹. Una più vasta esposizione sarebbe stata preparata dal giovane se egli non fosse prematuramente scomparso, lasciando un patrimonio di disegni che fu compito di Beltrami riordinare e pubblicare. Solo sei anni dopo la fine degli scavi, Beltrami si occupò della pubblicazione del volume: "Il Pantheon; la struttura organica della cupola e del sottostante tamburo; le fondazioni della rotonda, dell'avancorpo, e del portico; avanzi degli edifici anteriori alle costruzioni adrianee. Relazione delle indagini eseguite dal r. ministero della pubblica istruzione negli anni 1892-93; coi rilievi e disegni dell'architetto P. O. Armanini." Quest'opera, insieme ai disegni di Chedanne e agli scritti dell'ingegner Giuseppe Cozzo, alimentarono quel dibattito intorno alla attribuzione del Pantheon ad Agrippa o ad Adriano.

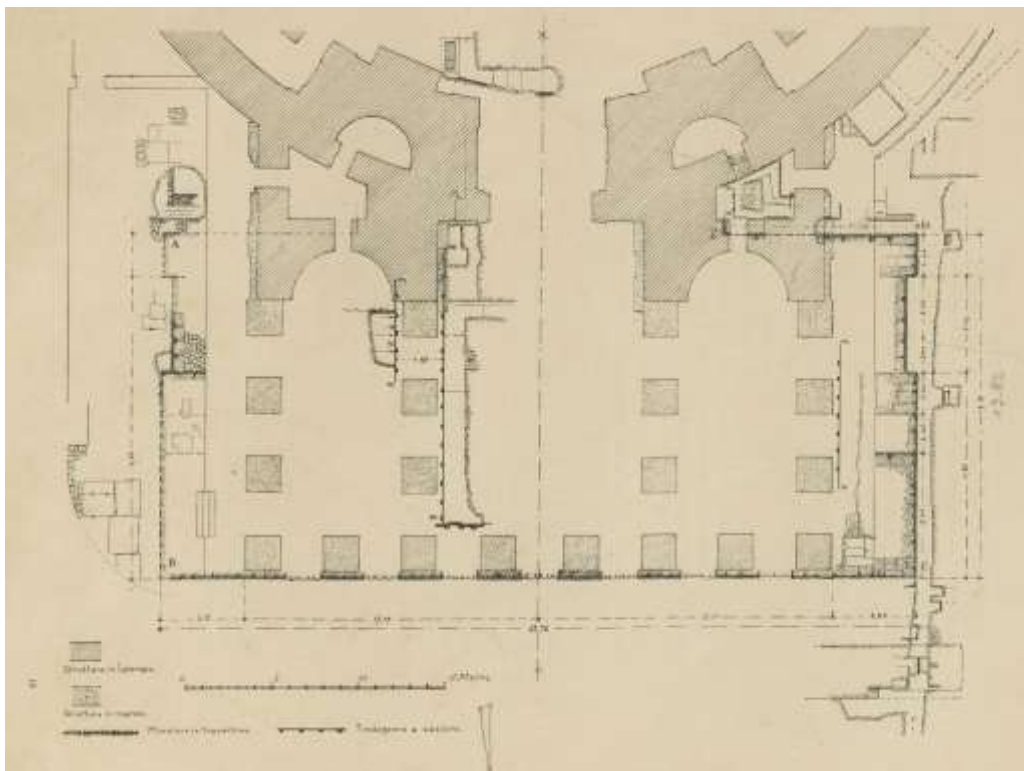


Figura 10 - Pianta degli scavi condotti nel portico del Pantheon - Pier Olinto Armanini 1892.

⁸⁹ Beltrami 1898, p.18

2.6 Gli strumenti per il rilievo dell'architettura.

Per descrivere ciò che nel XVII e XVIII secolo era pratica comune per il rilievo dell'architettura è necessario un approfondimento sulle metodologie e gli strumenti ad esse collegati. L'origine di queste tecniche di rilevamento è certamente da ricercarsi nell'antichità greca, e forse ancor prima in quella cultura egizia da cui Talete di Mileto avrebbe appreso le conoscenze per realizzare un primo "distanziometro"⁹⁰. Ma non occorre risalire così tanto indietro nella storia del rilevamento per spiegare i rilievi fin qui illustrati.

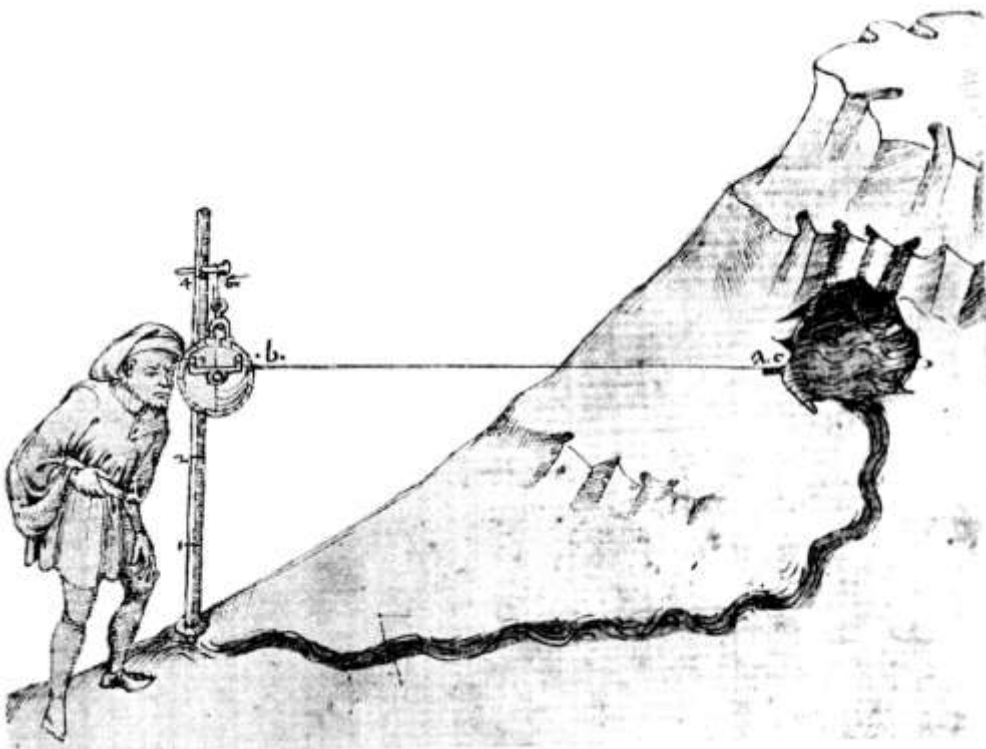


Figura 11 - Esempio di misurazione con l'uso dell'astrolabio - Mariano di Jacopo detto il Taccola 1419-1433 - Illustrazione tratta dal *De ingegnereis*, libro IV.

A partire dal Quattrocento quando si riscopre lo studio dei classici e nascono i primi manoscritti, tutta la trattatistica si occupa dei temi della misurazione e del

⁹⁰ Descritto da Eudemo nelle sue "Narrazioni storiche". Docci-Maestri 1993, p.12.

disegno e alla nascita delle accademie questi testi saranno ripresi e studiati (Figura 11)⁹¹.

Nei programmi delle accademie però troviamo solamente indicazioni di carattere generale, nel *Cours d'architecture* di Blondel⁹² non mancano i riferimenti ai metodi di misura e problemi geometrici anche se, nel caso specifico, sono sempre legati a questioni di proporzione o a commenti della trattatistica cinquecentesca.

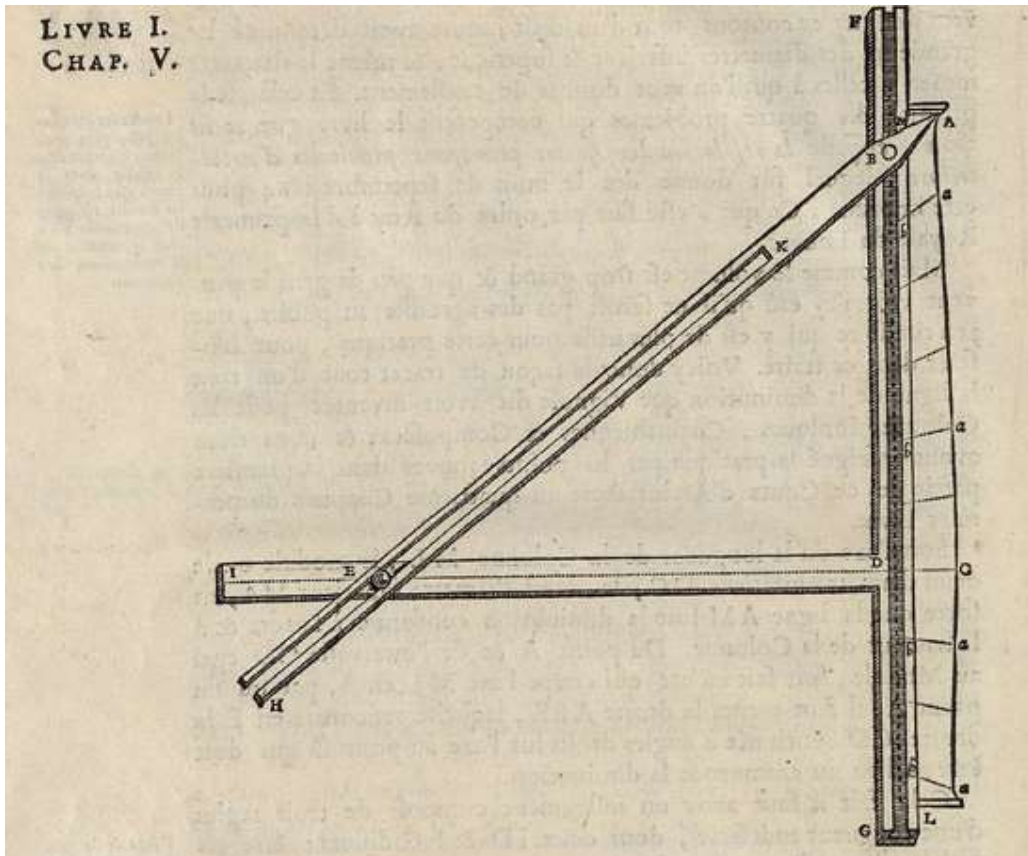


Figura 12 - Strumento per rappresentare la rastremazione delle colonne - Nicolas Francois Blondel 1675.

⁹¹ Solo per citare i primi scritti di questa tipologia si ricordano i testi di Mariano di Jacopo detto il Taccola, o i Trattati di Architettura Ingegneria e Arte Militare di Francesco di Giorgio Martini, e molti altri venuti successivamente legati all'uso di particolari strumenti come l'odometro e la bussola usati da Leonardo da Vinci. Sull'argomento si veda Docci-Maestri 1993, p.63-114.

⁹² Blondel 1675.

In effetti le indicazioni di Blondel riguardano principalmente le modalità per disegnare l'architettura antica, questioni specifiche legate agli strumenti per rappresentare la rastremazione delle colonne o inerenti alla costruzione degli archi rampanti (Figura 12-13).

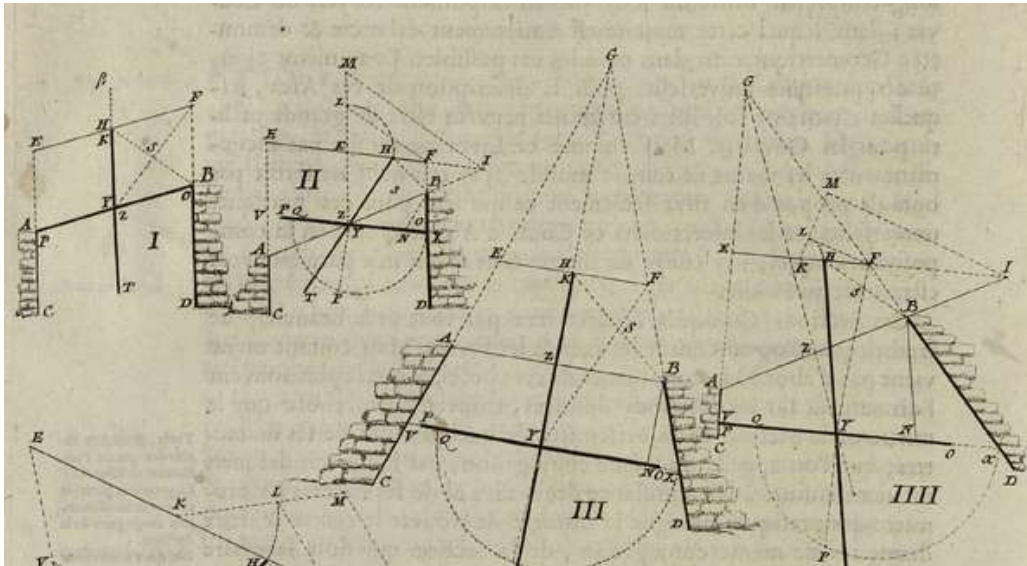


Figura 13 - Esercizi per il disegno degli archi rampanti - Nicolas Francois Blondel 1675.

Blondel descrive lezioni di disegno in aula accanto alle quali erano previste nella bella stagione esercitazioni sul campo, con esercitazioni di trigonometria, rilevamento di terreni e planimetrie e l'uso dei diversi strumenti per la misura⁹³.

Per quanto riguarda l'insegnamento del disegno e del rilievo occorre precisare che le Accademie erano frequentate da architetti, che avevano appreso in precedenza le basi del mestiere. Gli allievi dell'accademia potevano provenire dall'ambiente dell'università oltre che da quello dell'esercito e basta citare Gaspard Monge e i suoi anni di formazione e insegnamento presso le *écoles militaires*, per comprendere quanto fosse importante la formazione militare nella Francia del XVIII e XIX secolo. Come chiarito nelle lettere costitutive

⁹³ Le esercitazioni vertevano sul disegno di figure e paesaggi, le lezioni, sulla prospettiva e sulle principali regole di ottica. Blondel 1747, Preface p. 3-4.

dell'accademia, i giovani allievi che si affacciavano alle porte dell'istituzione avevano già le basi del disegno e del mestiere⁹⁴.

La conferma di questa preparazione precedente ci viene anche dalla lettura del corso che Desgodets pubblica tra il 1723 ed il 1728, un manoscritto in tredici versioni, in cui è presente il *Traité du toisé des bâtimens*, letteralmente il trattato della misura degli edifici. Sebbene questo trattato abbia un chiaro intento didattico, Desgodets si occupa delle misure utili all'architetto nella pratica della costruzione e non dei metodi di rilevare o disegnare. Per questo il suo manoscritto ospita numerosi metodi per la misura delle superfici destinate a valutare i costi di costruzione di superfici complesse come ad esempio le volte (Figura 14).

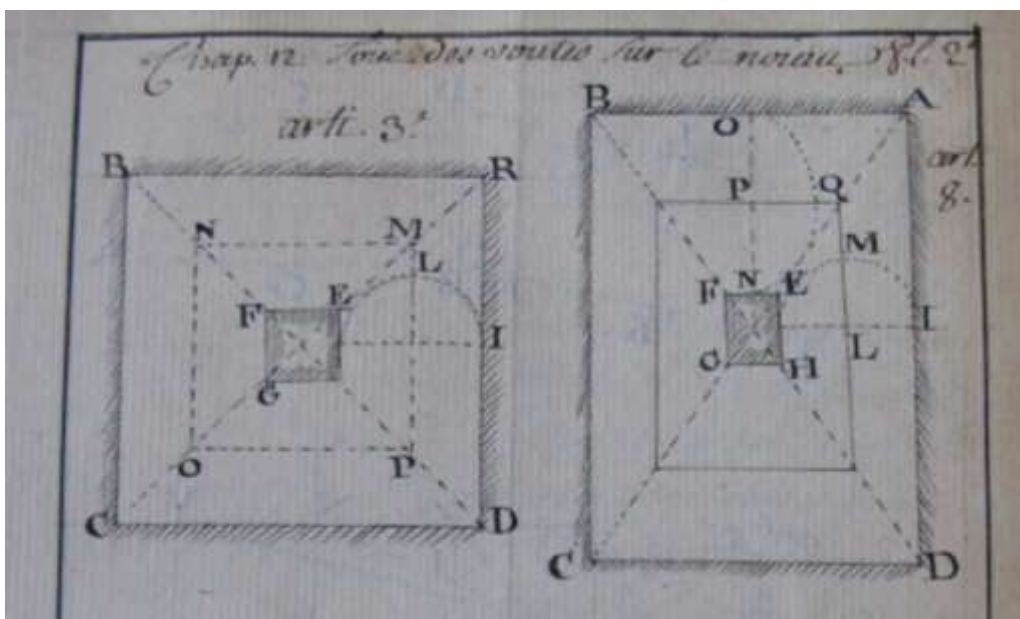


Figura 14 - Esercizi per il calcolo delle superfici complesse - Antoine Desgodets 1723-1728.

Nonostante fosse diffusa la pratica di far realizzare misurazioni e rilievi ad architetti locali Desgodets nel suo rilievo del Pantheon, opera in prima persona, fa realizzare ponteggi, scavi e scale (cfr 2.1.2) richiamando alla memoria le operazioni di rilievo descritte dall'iconografia cinquecentesca, seicentesca e settecentesca in cui si notano i rilevatori con i loro strumenti⁹⁵.

⁹⁴ Gabetti-Marconi 1971, 3, p. 34.

⁹⁵ Pinon-Amprimoz 1988, p. 104. Les vestiges une fois choisis et repérés, il s'agit, selon la formule traditionnelle, de les «mesurer et dessiner». Nous possédons peu de témoignages sur les méthodes de travail des architectes en ce domaine, les Pensionnaires eux-mêmes étant avarés d'informations. C'est essentiellement à travers des dessins, des aquarelles, des gravures, éventuellement des peintures où des architectes sont mis en scène au travail que nous les



Figura 15 - Capriccio con rovine - Visentini Antonio 1764 - Nel dettaglio sulla destra notiamo architetti intenti al rilievo delle rovine.



Figura 16 - Rilevamento di un reperto antico - Jean Pierre Laurent, 1782-1787.

voyons grim pant aux échelles, juchés sur des échafaudages accrochés à des corniches. Pour les années 1770-1780, des aquarelles de J.-P.-L. Houël et J.-L. Desprez nous montrent les artistes escaladant chapiteaux et architraves pour mesurer, avec une règle, les triglyphes du Temple de Jupiter à Agrigente, les échelles apposées au temple de Junon à Agrigente ou à celui de Ségeste, les échafaudages accédant à l'entablement du Temple de la Concorde à Agrigente.

Dai disegni di: Antonio Visentini 1774 (Figura 15)⁹⁶; Abbé de Saint-Non 1781-86; Jean Pierre Laurent 1782-1787 (Figura 16)⁹⁷; possiamo estrarre le informazioni per conoscere gli strumenti adoperati dagli architetti per il rilievo e lo studio dei monumenti antichi. Nei disegni pubblicati dall'Abbé de Saint-Non ma realizzati da J.-L. Desprez (Figura 17), vincitore del *Grand Prix de Rome* nel 1770 e pensionnaire in Italia, si notano scale ponteggi e misurazioni con filo a piombo che ricordano le citate parole di Desgodets: «J'ay vérifié le tout plusieurs fois pour me confirmer dans une certitude dont je pûsse répondre, ayant fait fouiller ceux qui estoient enterrez, & fait dresser des eschelles & autres machines pour approcher de ceux qui estoient beaucoup élevés, afin de voir de près & prendre avec le Compas les hauteurs & les saillies de tous les membres, tant en général qu'en particulier jusqu'aux moindres parties »⁹⁸.

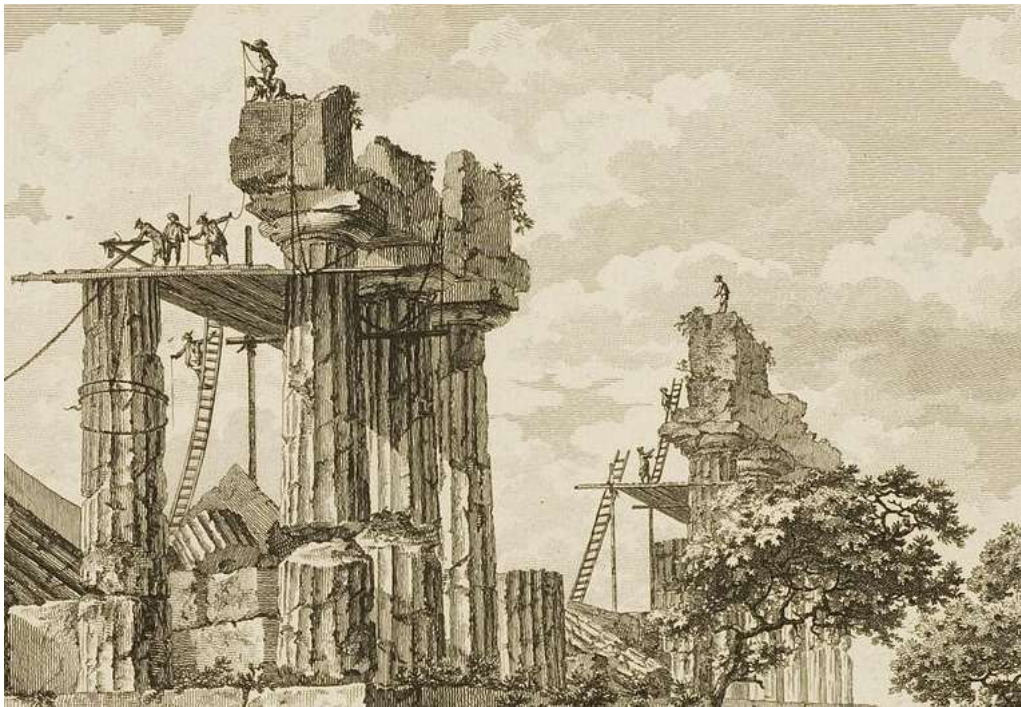


Figura 17 - Tempio di Giunone ad Agrigento, J.-L. Desprez 1781.

⁹⁶ Moschini Marconi 1962, pp. 120-121

⁹⁷ Cardone 2014, p. 38.

⁹⁸ Desgodets 1682.

Ma se, come abbiamo detto, l'insegnamento del rilievo avveniva nelle scuole che preparavano gli architetti prima di accedere all'accademia, sono da ricercarsi altrove gli insegnamenti, ad esempio nei trattati destinati alla preparazione degli allievi delle scuole militari, dove si incontrano testi sull'*art de lever* che illustrano perfettamente tutti gli strumenti e le tecniche comuni per il rilievo degli edifici. In questi trattati sono messi in evidenza sia gli strumenti sia i metodi per utilizzarli. Ad esempio in un testo pubblicato da J.J. Verkaven del 1811⁹⁹ professore dell'*École de Cavalerie*, sono riportati strumenti per il rilievo e la topografia, come i cerchi ripetitori, l'ottante, e le *cercle de reflexion* (Figura 18).

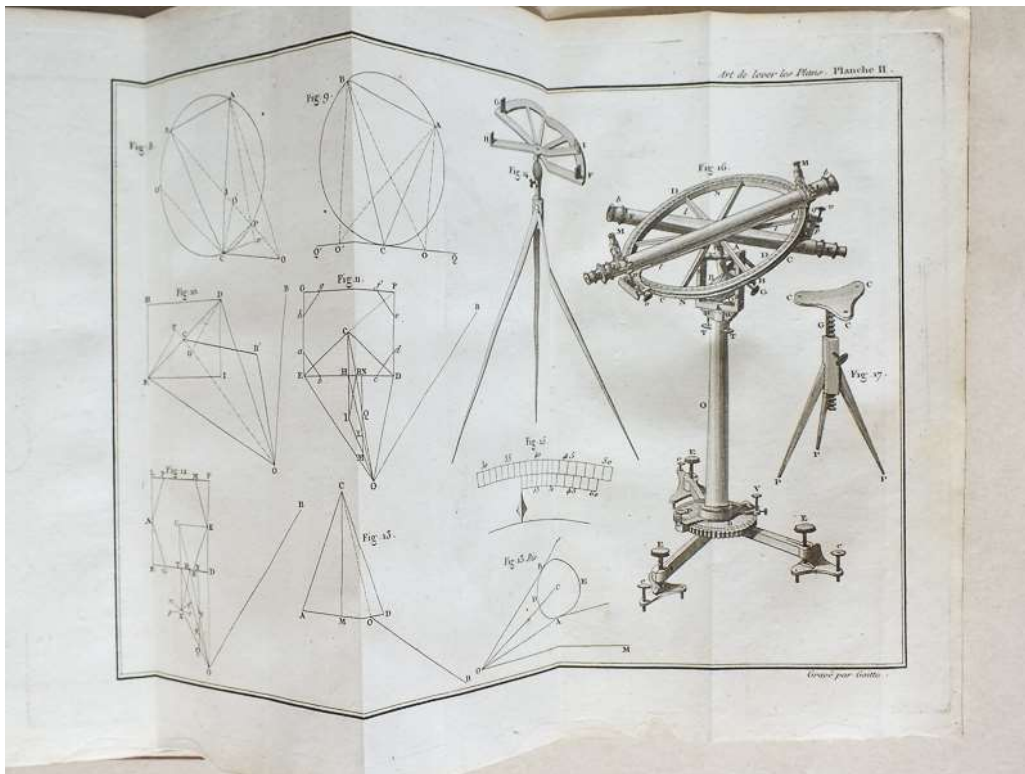


Figura 18 - Strumenti per la topografia: Ottante e cerchi ripetitori - J.J. Verkaven, 1811.

⁹⁹ Dupain de Montesson-Verkaven 1804.

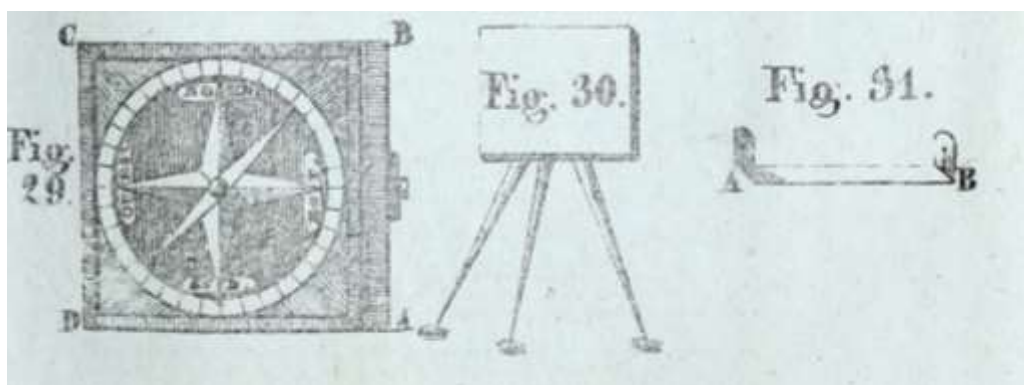


Figura 19 - Strumenti per il rilievo: una bussola e una tavoletta pretoriana con accanto un'alidada. - Jean-Baptiste Taviel de Mastaing, 1838.

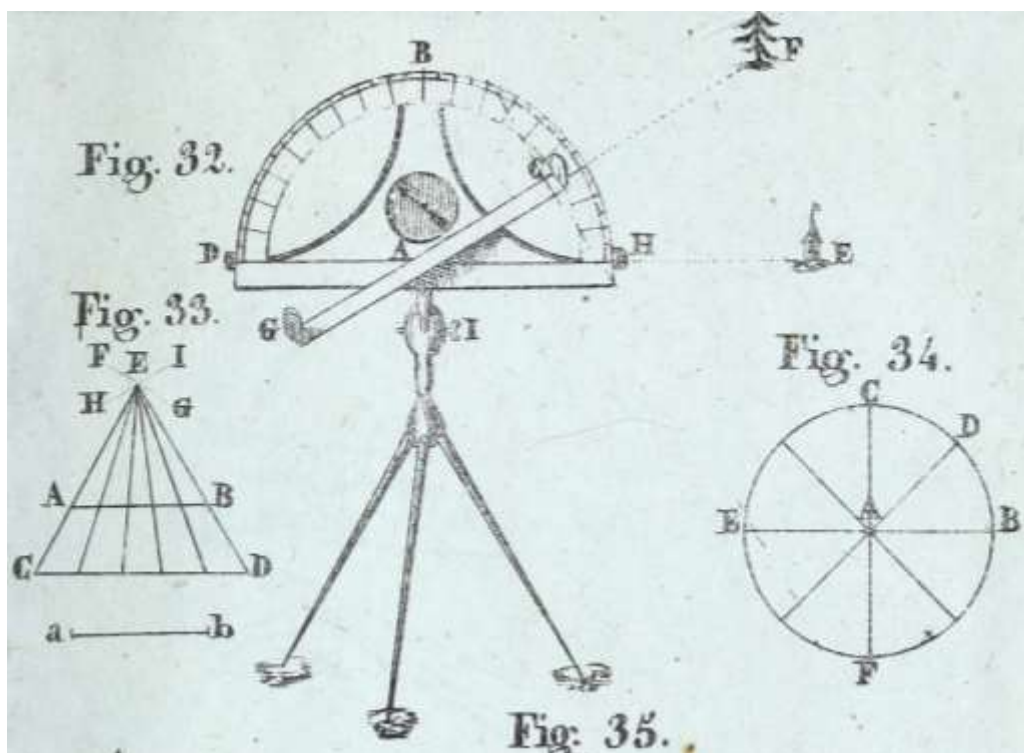


Figura 20 - Strumenti per il rilievo: un grafometro e l'équerre de l'arpenteur - Jean-Baptiste Taviel de Mastaing, 1838.

Mentre nel volume del 1838 di Jean-Baptiste Taviel de Mastaing, destinato alle *Écoles primaires*, "*L'art de lever les plans et nouveau traité de l'arpentage et du nivellement[...]*"¹⁰⁰ troviamo la descrizione di strumenti di uso più comune come la bussola, del grafometro, della tavoletta pretoriana e dell'*équerre de l'arpenteur* (Figura 19-20). È dunque chiaro che alcuni strumenti fossero di uso comune, su tutti la squadra mobile, o squadra zoppa, strumento tra i più diffusi tra gli architetti che serviva per la misura degli angoli ed era formato da due bracci mobili¹⁰¹. Ad ulteriore riprova che questo strumento faceva parte dell'attrezzatura di base dei *pensionnaires* dell'Académie, conservata presso l'Académie d'Architecture di Parigi, troviamo la collezione di Henri Labrouste, in cui tra gli strumenti del disegno troviamo proprio una squadra zoppa (figura Labrouste). L'uso di questo strumento è abbastanza elementare, si possono misurare le distanze inaccessibili in altezza sia sfruttando l'angolo a 45° tra i due bracci, sia spostandosi ed utilizzando semplici calcoli trigonometrici¹⁰².



Figura 21 - Strumenti di disegno di Henri Labrouste - *collections de l'Académie d'Architecture, Paris, Fonds Labrouste*.

¹⁰⁰ Taviel de Mastaing 1838.

¹⁰¹ Ludovico 1991, p. 119.

¹⁰² Docci-Maestri 1993, p.121.

2.6 Rappresentazione e metrologia.

Nell'arco temporale in cui si colloca questo studio si concentrano due "eventi" fondamentali per la storia della rappresentazione, il primo consiste nella codifica del metodo delle doppie proiezioni ortogonali ad opera di Gaspard Monge, il secondo nella progressiva adozione del sistema metrico decimale che stravolge il classico rapporto antropomorfo, palmo, piede, braccio, che legava le proporzioni dell'architettura alle misure dell'uomo.

2.6.1 *La rappresentazione nel secolo di Monge.*

Come riportato in due saggi di Riccardo Migliari e Vito Cardone¹⁰³ esiste una geometria descrittiva, intesa come scienza della rappresentazione, anche prima del metodo codificato da Gaspard Monge¹⁰⁴. Sebbene i due autori dibattano sulla paternità della Geometria Descrittiva e sulla sua definizione, entrambi affermano che lo straordinario ruolo didattico delle lezioni di Monge ha influenzato diverse generazioni ingegneri e architetti e dunque anche i pensionnaires dell'*Académie des Beaux-Arts*.

Come già indicato, i modelli di riferimento per gli accademici sono da ricercarsi nella trattatistica classica, osservando però la storia del rilevamento architettonico si nota una progressiva codificazione dei sistemi di rappresentazione¹⁰⁵. A partire dai trattati di Serlio e di Vignola nei quali non è comune l'uso di piante e sezioni coordinate, dove i particolari architettonici sono spesso disegnati in prospettiva (Figura 22), via via nel corso dei secoli il tipo di rappresentazione si codifica.

¹⁰³ Estratti dalle lezioni del 2014 della scuola dottorale in Scienze della Rappresentazione e del Rilievo.

¹⁰⁴ Migliari 2014, pp. 15-26, Cardone 2014a, pp.139-160

¹⁰⁵ Docci Maestri 1993 p. 135

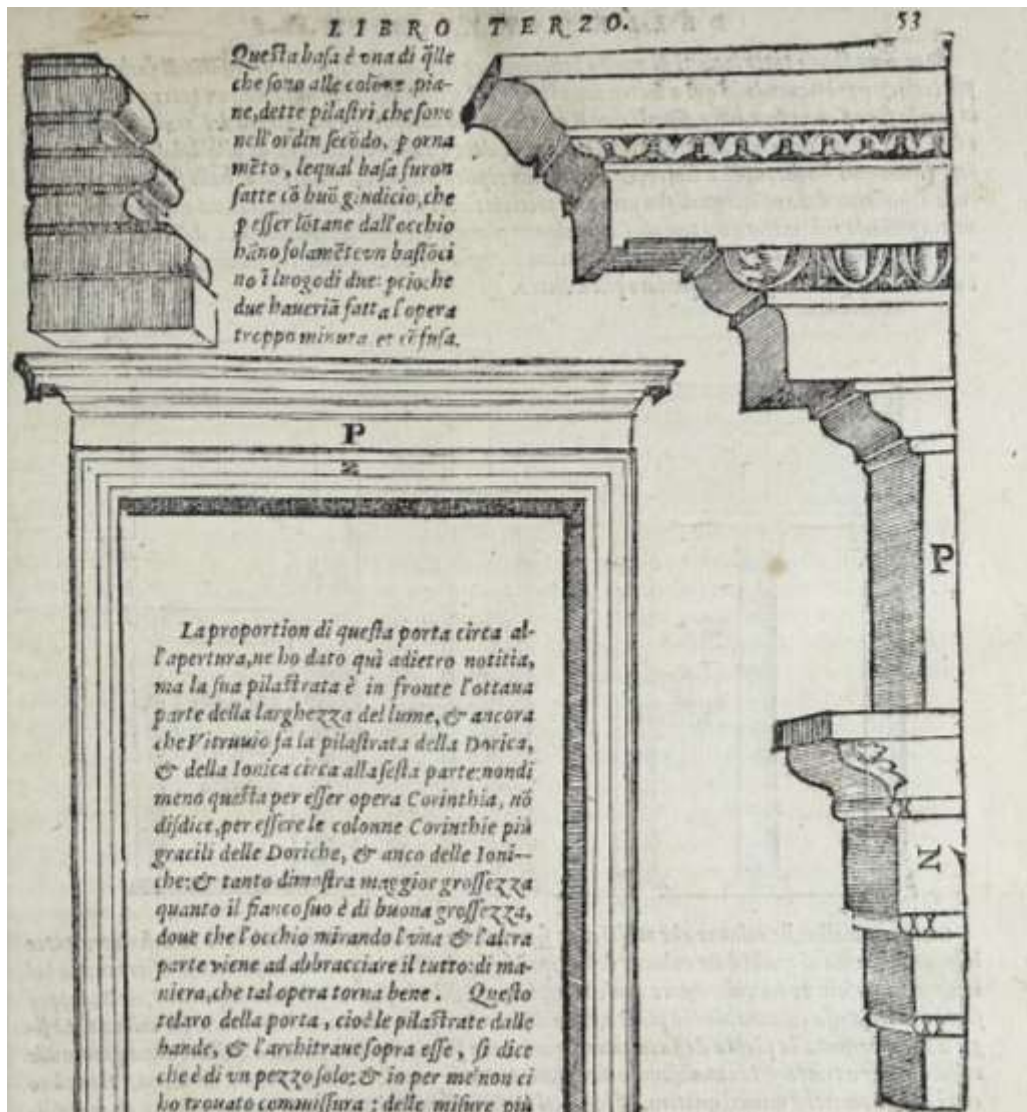


Figura 22 - Particolari architettonici rappresentati usando la prospettiva - Sebastiano Serlio 1544.

Se in Palladio l'uso delle proiezioni associate si fa più frequente, e lo stesso "Parallele" di Roland Fréart¹⁰⁶, fa un abbondante uso di prospetti e sezioni per confrontare gli ordini architettonici, non ci si stupisce se nei disegni di Desgodets, di Solari o Annibaldi e poi Piranesi vi sia un progressivo aumento dell'uso delle proiezioni coordinate. Quello che si vuole sottolineare è dunque il ruolo degli insegnamenti di Monge in questo contesto. il contributo di Monge si pone come

¹⁰⁶ Cfr. paragrafo 2.1.1

snodo fondamentale nella disciplina della rappresentazione, come afferma Cardone, nonostante "egli non affermi mai di aver inventato qualcosa di nuovo, ma nel suo testo sostenga espressamente, più volte, che la Geometria descrittiva e il metodo delle proiezioni sono adoperati da molto tempo"¹⁰⁷. Ma i meriti delle *Leçons* di Monge in relazione alle attività dell'*Académie* vanno oltre. Per prima cosa va sottolineato l'uso della rappresentazione sintetica in pianta prospetto e sezione, "per fare ricerca e dedurre dalla descrizione esatta dei corpi tutto ciò che necessariamente segue dalla loro forma e dalla posizione reciproca"¹⁰⁸. L'accademia non resta indifferente a questo nuovo metodo di indagine, non a caso nel *Règlement des élèves Pensionnaires de l'Académie de France à Rome* del 4 aprile 1799 si fa riferimento esattamente a questo tipo di rappresentazioni, obbligatorie per i *pensionnaires*¹⁰⁹. Ma ancor più importante è il suo contributo al metodo di insegnamento che si diffonderà in tutte le *École* in Francia prima e in tutta Europa poi. Se è vero che le *Leçons* di Monge sono destinate alle *École normale* è altrettanto vero che la diffusione del metodo influenzò la formazione nelle *écoles militaire* o nelle *écoles primaires* frequentate prima di accedere all'accademia. Senza dimenticare che non era del tutto eccezionale che un allievo studiasse in entrambe le scuole, come accaduto a di Luca Beltrami¹¹⁰

2.6.2 Le unità di misura antropomorfe e il metro.

Il sistema metrico decimale, che fu introdotto in Francia tra il 1775 ed il 1791¹¹¹ ebbe un'influenza decisiva sul disegno dell'architettura¹¹². Come già evidenziato da Luigi Vagnetti nelle sue lezioni del 1973¹¹³, l'introduzione del metro nello studio dell'architettura antica, da un lato, facilita i confronti dimensionali fino a quel momento caratterizzati da un "disordine metrologico", dall'altro impone una cesura tra la cultura architettonica classica e quella moderna. Quando si rileva un'architettura, la stessa quotatura in centimetri e metri allontana la percezione e la comprensione, poiché i numeri che riportiamo non sono più i numeri originari. Diventa dunque indispensabile una "traduzione" del numero, per restituire quel

¹⁰⁷ Cardone 2014a, p.140.

¹⁰⁸ Migliari 2014, p.18.

¹⁰⁹ Pinon-Amprimoz pag.51

¹¹⁰ Cfr. paragrafo 2.1.7.

¹¹¹ Moreau 1975.

¹¹² Bartoli 2014, pp. 53-70

¹¹³ Vagnetti 1973.

senso, quel significato che da secoli esprime e che rischia di scomparire dietro numeri sempre più esatti ma sempre più astratti¹¹⁴.

Per questo, le analisi condotte nel seguente testo seguono quanto suggerito da Maria Teresa Bartoli nel suo saggio del 2014: "i primi requisiti dell'analisi sono che l'indagine sia fatta: 1) solo di rilievi di cui si conosce il grado di affidabilità; 2) quando esiste o la conoscenza certa dell'unità di misura [...] o la possibilità di verificarla in base a notizie di natura storiografica"¹¹⁵.

Il primo elemento di cui occorre occuparsi è dunque la definizione del piede romano, la letteratura in merito offre numerose fonti, tra cui quelle che descrivono un piede romano compreso tra 296 mm (Bosio 1996-1997)¹¹⁶, e 295,7 mm (Dilke 1971)¹¹⁷. Su queste dimensioni, con differenze millimetriche 295-296 mm si attestano anche numerosi autori che si interessano direttamente allo studio del Pantheon come Wilson Jones¹¹⁸ o, prima ancora, MacDonald¹¹⁹ e Kjeld De Fine Licht¹²⁰. Sulla base di questi numeri la lettura del monumento riacquista significato, le colonne del portico hanno un diametro di 5 piedi, il pavimento ha una maglia regolare di 10x10 piedi e lo spessore del muro circolare della rotonda è di circa 20 piedi¹²¹. Tutte queste considerazioni e la letteratura di riferimento, sono alla base dello studio effettuato nel sesto capitolo, in cui si verificano i rapporti proporzionali tra le varie parti del monumento, mettendo a confronto i nuovi rilievi con quelli eseguiti dal XVII al XIX secolo.

Gli autori dei rilievi presi in esame da questo studio usano quasi tutti unità di misura differenti legate alle vicende storico-politiche che caratterizzano il loro tempo. Desgodets ad esempio, attraversa una riforma del sistema delle unità di misura francesi voluta proprio dal suo mentore, Jean Baptiste Colbert, già fondatore dell'*Académie des Beaux Arts*, il quale introdusse il *pied de Roi* (32,4 cm) e la *toise du Châtelet* (194,3 cm) che resterà in vigore fino all'avvento del sistema metrico decimale¹²². Anche per questo, ma soprattutto per consentire un confronto tra i suoi disegni e quelli dei trattati di Serlio e Palladio, nelle tavole

¹¹⁴ Nel caso del nuovo rilievo del Pantheon (cfr. cap. 5 e 6) questo aspetto è molto evidente, poiché è diverso indicare, ad esempio, un diametro di 43,66 o 43,95 o di 148 o 149 piedi romani.

¹¹⁵ Bartoli, 2014, p. 55.

¹¹⁶ Bosio 1967, pp. 1-38.

¹¹⁷ DILKE 1971

¹¹⁸ Wilson Jones 2000.

¹¹⁹ MacDonald-Pinto 2002, p.62.

¹²⁰ Fine Licht, 1968, p. 195.

¹²¹ Waddel 2008 pag 76

¹²² Hocquet 1997.

dei dettagli, in cui compaiono gli ordini architettonici, Desgodets usa un doppio sistema di quotatura. Da un lato è visibile il *piéd de Roi*, dall'altro il rapporto proporzionale con il semi-diametro all'imoscapo delle colonne¹²³.

Annibaldi Solari e Demesmay, in quello Stato Pontificio che promuove, attraverso l'accademia di San Luca, il concorso Clementino del 1754, utilizzano solo palmi romani e canna architettonica (nello stato pontificio il valore della canna corrispondeva a 10 palmi, cioè 2,234 m¹²⁴), esattamente come farà Piranesi pochi anni dopo. Per trovare un disegno del Pantheon in cui alle tradizionali unità di misura si affianca il metro occorre attendere il 1810. In quegli anni Giuseppe Valadier, che tra il 1801 ed il 1805 aveva realizzato gli scavi per conto del commissario alle antichità Carlo Fea utilizzando come unità di misura i piedi francesi, redige una planimetria dell'area con una proposta di liberamento del Pantheon dalle costruzioni addossate ad est, usando accanto alla *toise* anche il nuovo sistema universale introdotto dai francesi che dal 1808 avevano nuovamente occupato Roma (Figura 23).

¹²³ Cellauro-Richaud 2010, p. 67.

¹²⁴ Stefani 1856.

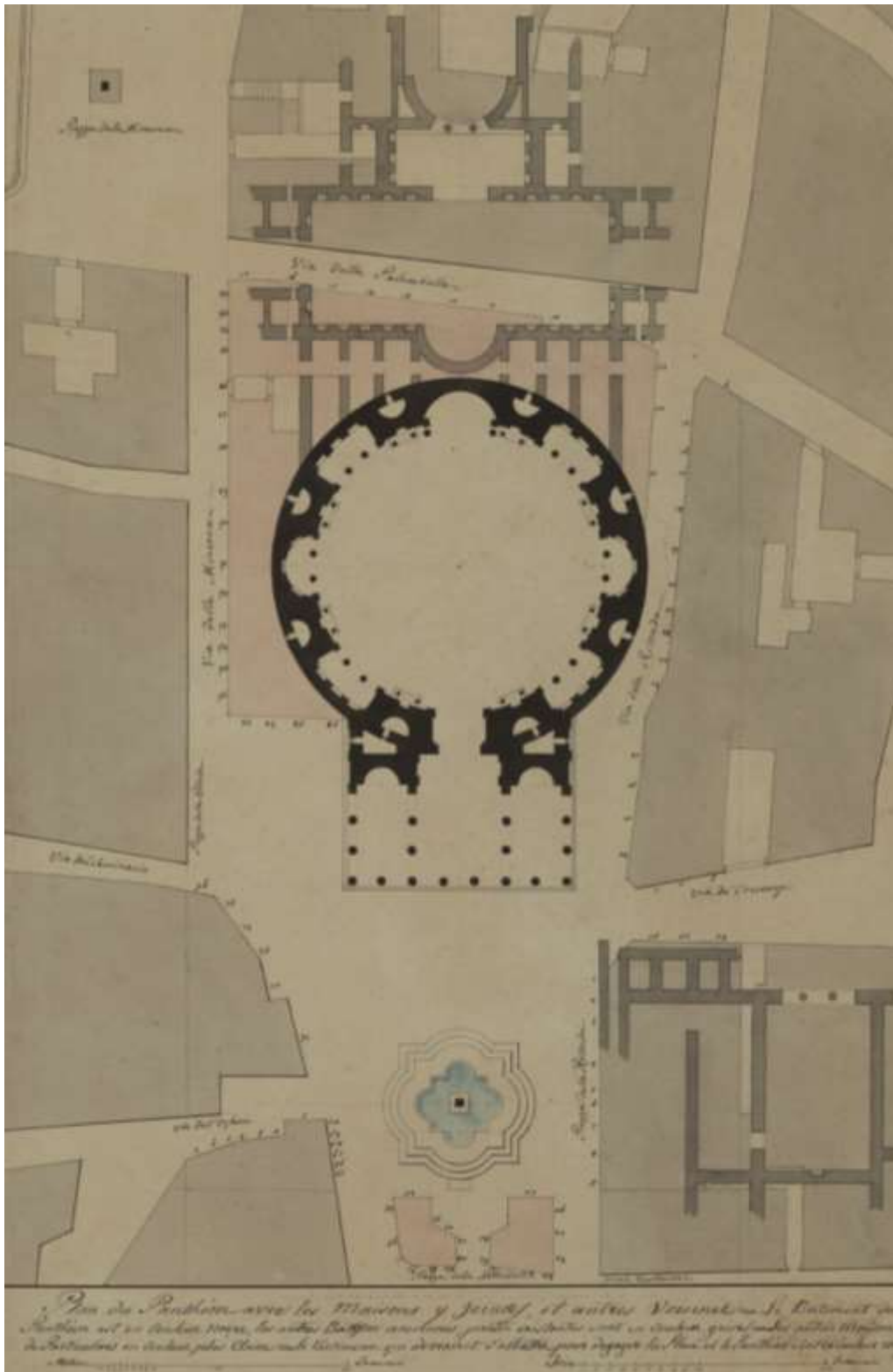


Figura 23 - Pianta del Panteon e degli edifici circostanti - Giuseppe Valadier 1810-1814.

Il primo tra i *pensionnaire* ad utilizzare il metro come unità di misura principale¹²⁵ per il proprio elaborato fu Achille Leclère nel 1813 e a partire da questa data tutti i disegni oggetto di questo studio utilizzeranno la nuova unità di misura, con effetti sul rapporto proporzione-misura-costruzione che analizzeremo nel sesto capitolo.

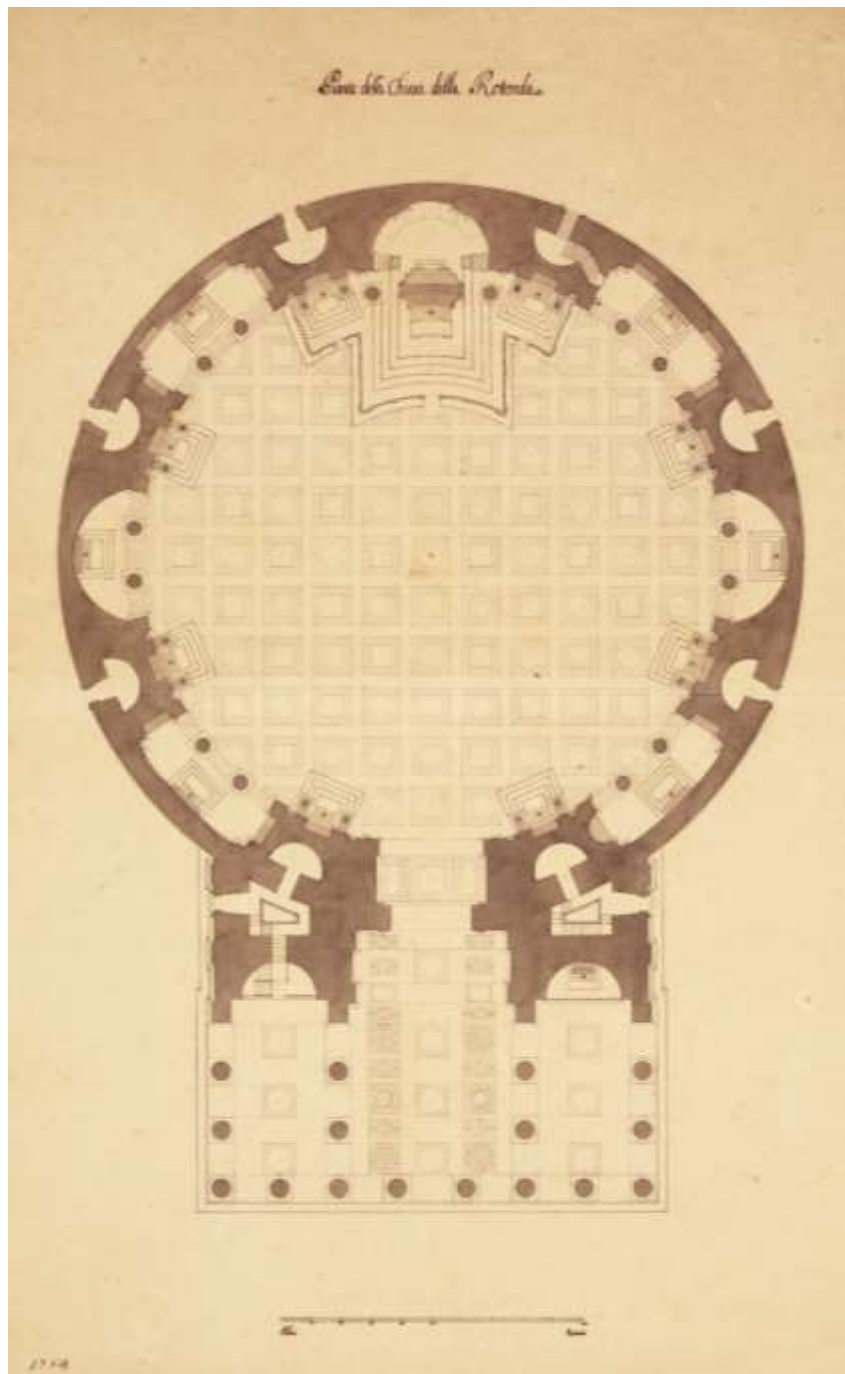
Autore	Anno	Unità	Equivalenza
Desgodets	1667	toise	1,943 m
		pied de Roi	0,324 m
		pouce	0,027 m
Solari Annibaldi Demesmay Piranesi	1754	Canna	2,234 m
		Palmo Romano	0,223 m
	1756	Oncia	0,018 m
Leclère	1813	metro	-
Chedanne	1892	metro	-
MacDonald	1976	piede romano	295 mm ±1 mm
Wilson Jones	2000		
De Fine Licht	1968		
Bosio	1967		
Dilke	1971		

Tabella delle unità di misura precedenti al sistema metrico decimale

¹²⁵ La toise coesiste ma solo sotto forma di scala grafica (cfr. paragrafo 3.1.4).

Capitolo 3

I RILIEVI DEL PANTHEON TRA XVII E XIX sec.



"Il Pantheon si presenta in ogni secolo in modo diverso [...] se ci limitiamo ad osservare i rilievi che dell'edificio sono stati pubblicati dal Cinquecento al Settecento, non è però documentato. Il Pantheon rappresentato da Serlio nel 1540 è, sotto questo aspetto, identico a quello rappresentato da Francesco Piranesi nel 1790 [...] il Pantheon che viene rappresentato è solo e sempre quello antico." ¹

I disegni di rilievo del Pantheon tra il XVII ed il XIX secolo, assumono caratteristiche differenti riflettendo il "modo di guardare" all'architettura antica, la sensibilità del singolo autore ed i mutamenti del contesto storico e culturale. Ciononostante vi sono alcuni aspetti, alcuni particolari, che restano invariati nelle rappresentazioni di tutti e tre i secoli, sia perché legati alle caratteristiche intrinseche del monumento, sia perché il disegno di architettura assume forme via via più codificate, normate dal gusto, dalle istituzioni, e dalle tecniche di stampa². Attraverso l'analisi puntuale dei singoli disegni si vogliono sottolineare queste caratteristiche, a partire dalla definizione di quale Pantheon viene rappresentato: la chiesa; o il monumento antico; o una versione intermedia tra i due. La lettura e l'analisi dei rilievi organizzati secondo la tipologia di elaborato, piante, sezioni, prospetti, dettagli, consente di mettere a confronto le caratteristiche metriche, le affinità e le divergenze nei dei disegni di Desgodets, Piranesi, Leclère, Labrouste, Rondelet, Beltrami, Armanini e Chedanne.

Uno dei temi principali per la comprensione dei disegni del Pantheon è la lettura delle scelte compiute dai singoli autori nella rappresentazione. Guardando al Pantheon ciascun autore si pone in relazione con un monumento che ha una complessa stratigrafia architettonica e materiale. La sua immagine inoltre, studiata e rappresentata fin dal Rinascimento, è stata idealizzata e canonizzata³. Le trasformazioni nel modo di rilevare gli edifici, il lento e progressivo sviluppo di un rilievo "oggettivo", di tipo "scientifico", le motivazioni alla base dei disegni di ogni singolo autore, producono risultati sorprendentemente differenti. Ogni autore non si limita a misurare e rappresentare, interpreta il monumento, ed è proprio mettendo in evidenza in maniera analitica le diverse tipologie di disegni: piante, prospetti, sezioni e dettagli architettonici che si vuole testimoniare la

¹ Pasquali 1996, p.6.

² Docci-Maestri 1993, p.135

³ Come riportato nella "*Storia del rilevamento architettonico e urbano*" (Docci-Maestri 1993, p.135) lo studio dei disegni del Rinascimento, dei rilievi di Antonino Dosio, dei trattati di Serlio e Palladio, è particolarmente vivo già a partire dal XVII sec. pertanto tutti gli autori dei rilievi in esame si confrontano con una immagine del Pantheon già definita.

relazione tra il modo di guardare al monumento e ciò che di esso viene rappresentato.

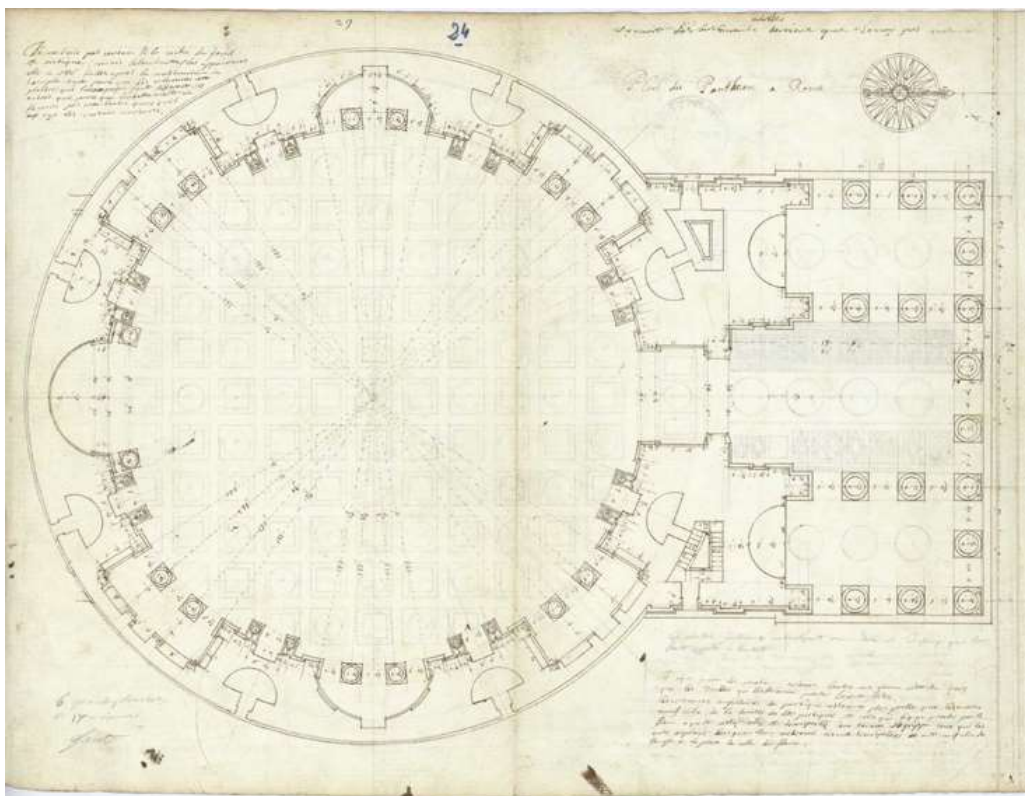


Figura 1 - Pianta del primo livello dal primo manoscritto - Desgodets 1676 - 1677

3.1 La Rappresentazione del Pantheon: Le piante.

Fin dal titolo del suo: *"Les edifices antiques de Rome mesurés et dessinés très exactement"*, pubblicato a Parigi nel 1682, Desgodets chiarì un programma, definì un obiettivo, quello della misura esatta degli edifici antichi, che, come già visto nel precedente capitolo, nacque in seno alla neonata *Académie Royale d'Architecture*. Le 23 tavole dedicate al Pantheon, contenute prima in due versioni del manoscritto preparatorio, e poi nell'edizione finale del 1682⁴ sono

⁴ Le due versioni del manoscritto sono datate 1667-68, ovvero durante o subito dopo il suo soggiorno italiano. La prima *"Recueil des études d'architectures que j'ay fait à Rome pendant l'espace de seize mois que j'y ay demeuré dans les années 1676 et 1677. A. Desgodets"* (Desgodets 1676-77) è custodita presso la Bibliothèque de l'Institut de France. La seconda, nella

corredate da un notevole numero di dettagli e quote, ed ogni elaborato è accompagnato da testi esplicativi nella maggior parte dei quali sono riportate le differenze riscontrate con disegni precedenti con i quali Desgodets si confronta⁵.

Nella prima versione del manoscritto Desgodets inserì 3 piante, le prime due ad una quota compresa tra 2 e 4,40 m dal pavimento interno la terza pianta è invece suddivisa in due metà e mostra due quote differenti: il piano dell'attico e la volta all'altezza del primo livello di cassettoni (Figura 1-2-3). La prima tavola riporta tutte le misure effettuate, in *pieds* e *pouce*, l'altra mostra il disegno dei pavimenti. Nella seconda versione del manoscritto, e nelle successive pubblicazioni, Desgodets unisce queste due tavole inserendo il disegno del pavimento sulla prima. Dal confronto del primo manoscritto con i successivi si può notare che stesura del primo riflette un'impostazione più personale dell'autore, i disegni sono realizzati con penna e matita su fogli in carta delle dimensioni di 32x23 cm, in nessuno di essi è riportata la scala grafica con l'unità di misura ma solo le quote che descrivono le operazioni di rilievo ed una indicazione del nord. Accanto ai disegni, si trovano testi scritti in corsivo, con commenti, e correzioni, che verranno trasferiti, nella versione finale, in apposite pagine descrittive.

Le piante hanno tutte orientamento ovest-est con il nord a destra, eccezion fatta per la tavola delle pavimentazioni che, essendo disegnata sullo stesso foglio della prima, recto-verso, appare con il nord a sinistra (Figura 2).

quale il numero di edifici passa da 48 a 25 porta già il titolo "*Les Edifices antiques de Rome dessinés et mesurés tres exactement par Antoine Desgodets, architecte*" ed è stata acquisita dagli archivi della Bibliothèque nationale de France (Département des manuscrits, Français 381).

⁵ Nel volume del 1682 sono più volte citati a confronto Antonio Labacco, Roland Fréart, Serlio e Palladio, ma per il caso particolare del Pantheon il confronto diretto è con gli ultimi due.

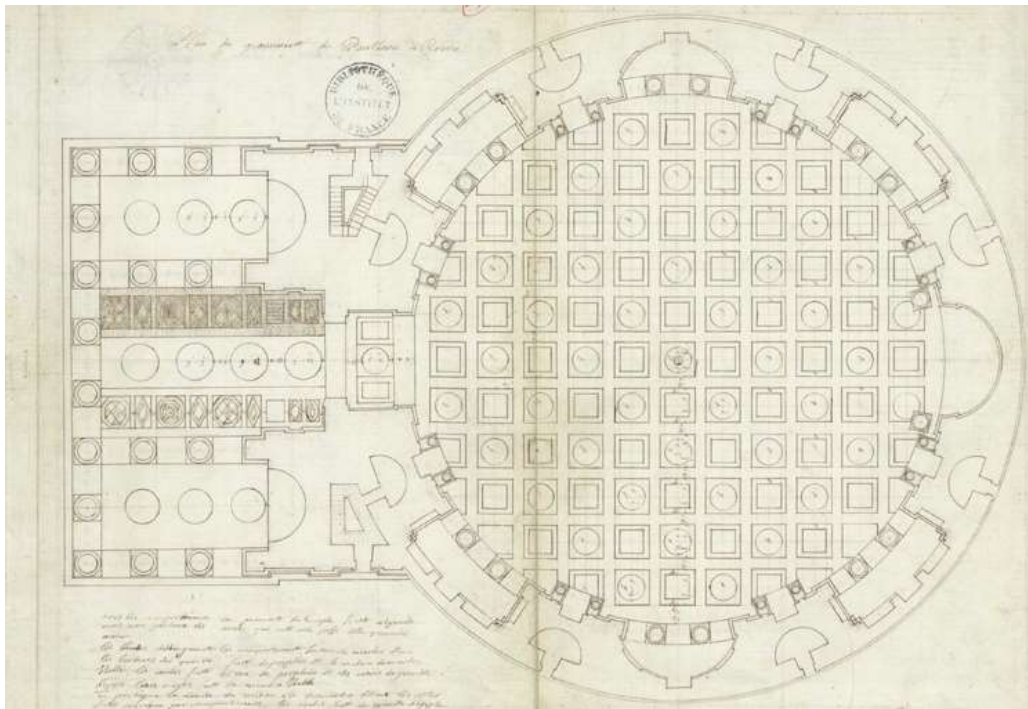


Figura 2 - Pianta delle pavimentazioni, primo manoscritto - Desgodets 1676 - 1677

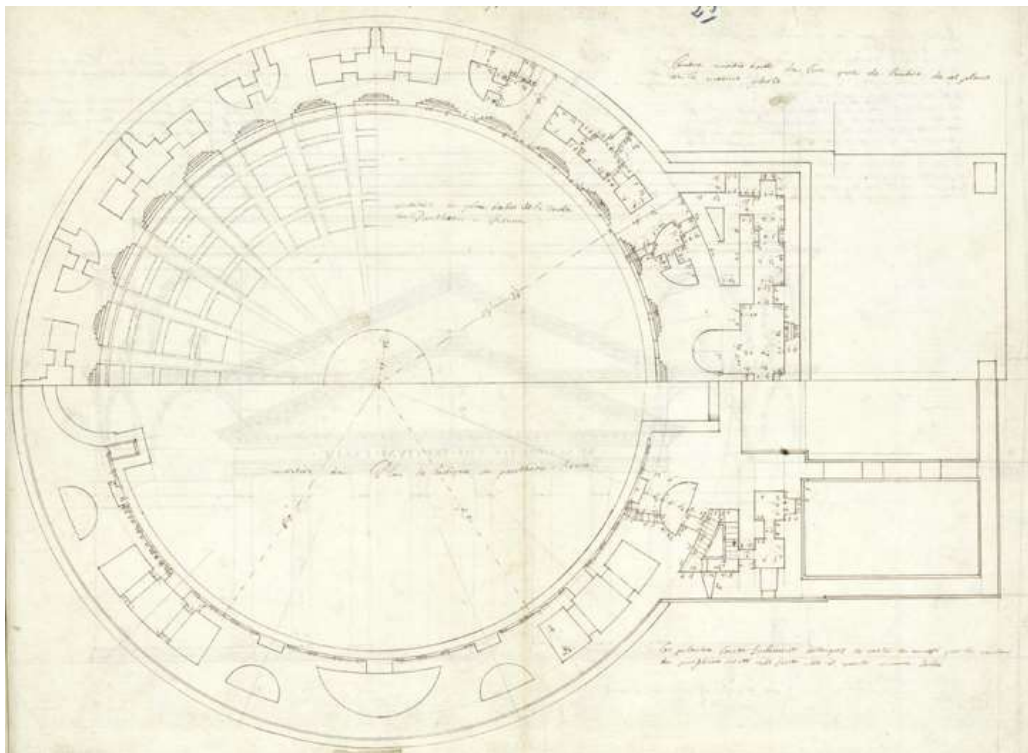


Figura 3 - Pianta dei livelli superiori, primo manoscritto - Desgodets 1676 - 1677

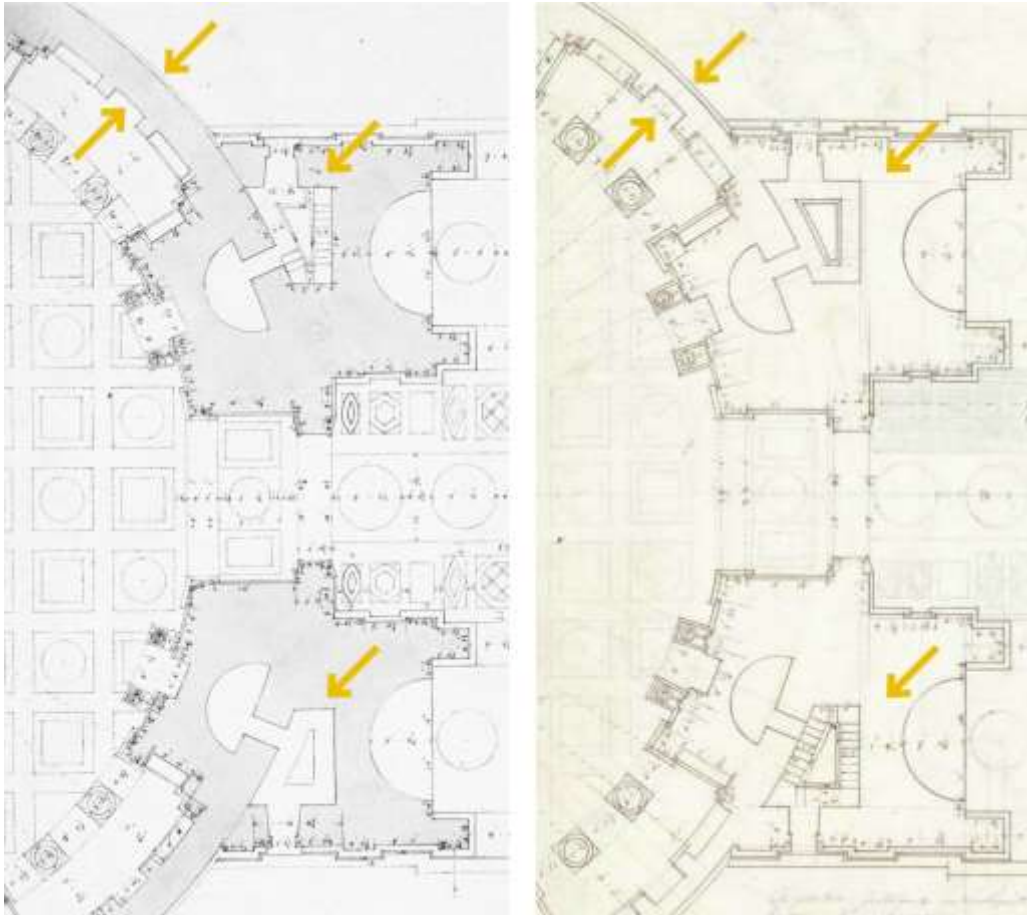


Figura 4 - Dettaglio della pianta dal primo e secondo manoscritto - Desgodets 1676-1677 - Dal confronto emergono diverse versioni sia dello spessore della muratura sia del corpo scala.

Il secondo manoscritto acquista un carattere più definito, ed i contenuti sono esattamente quelli della versione a stampa. Nonostante la stesura a mano dei disegni e dei testi, questa volta è stata inserita una scala grafica di 10 *toise* (Cfr. 2.6), sono stati eliminati e spostati, tutti i commenti in pagine appositamente dedicate. La qualità del disegno muta sensibilmente, il tratto si fa più deciso e compaiono le prime campiture sulle parti sezionate del monumento. Ma è soprattutto sui contenuti dell'elaborato che avvengono diversi ripensamenti: viene rivisto lo spessore delle murature perimetrali; adattato il disegno della scala, specchiandolo da est a ovest per assecondare la successiva fase di stampa; cambia il numero e la disposizione delle alzate e pedate (Figura 4).

In particolare c'è da sottolineare la posizione della scala, che è oggetto di una descrizione, nella quale l'autore, in aperto contrasto con quanto disegnato da

Palladio, precisa che esiste al piano terra un solo corpo scala, e dichiara "*Il n'y a qu'un des escaliers du portique qui ait des marches: l'autre n'a jamais été fini*"⁶. In realtà è più probabile che Desgodets non abbia avuto accesso al corpo scala ovest, perché le testimonianze⁷ e le evidenze archeologiche⁸ attualmente disponibili ci descrivono sempre la presenza di entrambi i corpi scala.

Appare dunque evidente che nonostante quei presupposti di "*mesurés et dessinés très exactement*" Desgodets operò delle interpretazioni e delle "correzioni" del monumento. Alcune di esse furono dichiarate nel testo, come quando l'autore descrisse il Pantheon addossato ad altre costruzioni, private ed inaccessibili, che lo obbligarono a rappresentare l'edificio isolato: "*comme étant isolé, parce qu'il l'est par le haut*"⁹. Altre possono emergere solo al confronto con le rappresentazioni precedenti e le diverse fonti¹⁰. Tra le "correzioni" al monumento la più rilevante, è la scelta di non rappresentare in pianta alcuno degli interventi che l'edificio aveva subito in seguito alla trasformazione in chiesa, come ad esempio: l'apertura che collega la chiesa con la sacrestia; l'altare principale¹¹; i campanili del 1626¹². Come già osservato nel primo capitolo, le differenze tra il monumento ed i disegni di Desgodets testimoniano un modo di guardare al Pantheon antico che passa dai rilievi ai progetti di intervento quando Clemente XI, all'inizio del Settecento, commissiona i lavori di "pulitura" e di sistemazione degli altari¹³. La pianta dei livelli superiori ha caratteristiche simili a quella inferiore, ma la scelta di Desgodets di indicare le quote solo di quelle parti dell'edificio che misurò direttamente, o fece misurare, offre una lettura delle parti accessibili e descrivono il lavoro di rilevamento svolto. A partire dal corpo scala, egli condusse le misurazioni agli ambienti dell'avancorpo, poi attraverso il passaggio nelle lunette più alte si spinse all'interno verso il cornicione rilevando i cassettoni della volta. All'esterno con accesso dalla copertura usando il cornicione più alto rilevò alcuni dei locali inseriti nel grande muro perimetrale (Figura 5)

⁶ Desgodets 1771, p.3.

⁷ In particolare il rilievo di Giovanni Antonio Dosio della seconda metà del Cinquecento, e quelli successivi di Piranesi e dei partecipanti al concorso Clementino del 1754.

⁸ Wilson Jones 2015, p.208.

⁹ Desgodets 1771, p.3.

¹⁰ Ad esempio i rilievi precedenti di Giovanni Antonio Dosio o i dipinti di G. Tiburio Vergelli da Recanati o di G. P. Pannini.

¹¹ Per la storia degli altari, ed in particolare per la descrizione dell'altare maggiore, si veda: Pasquali 1996, p.61, fig.VII.

¹² Omissione che sarà più evidente nelle sezioni ed i prospetti, in cui Desgodets cancella l'intervento di Borromini e Carlo Maderno.

¹³ cfr. capitolo I, paragrafo 2.1

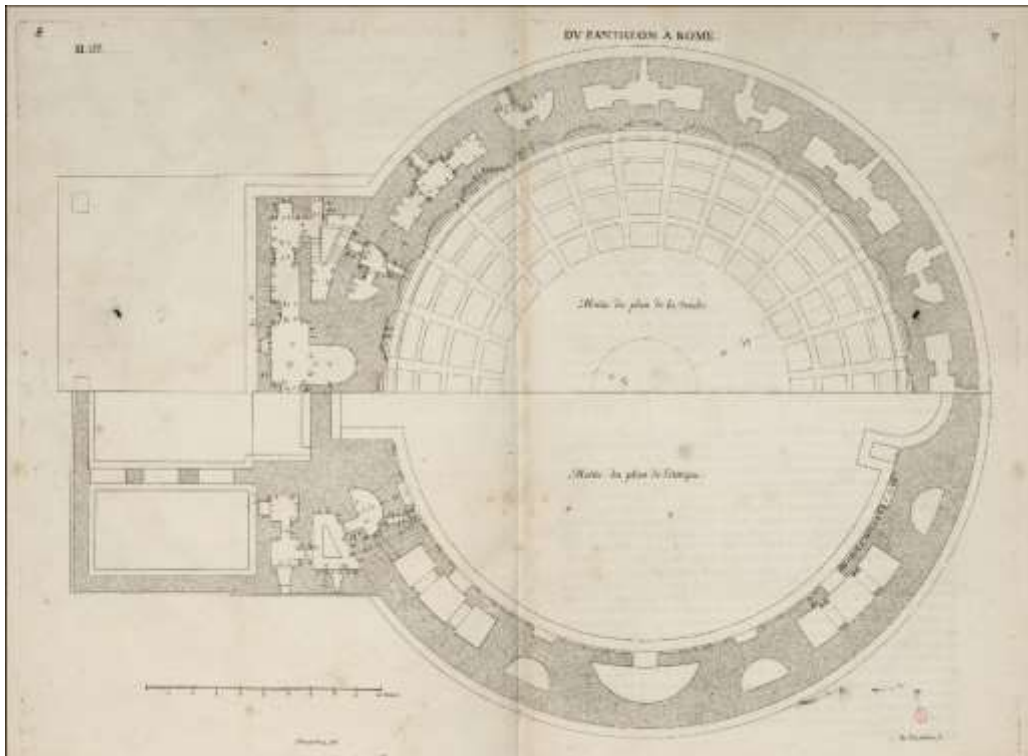


Figura 5 - Pianta dei livelli superiori - Desgodets 1682

La pubblicazione a mezzo stampa del *"Les edifices antiques de Rome mesurés et dessinés très exactement"* mantenne i contenuti e la struttura del secondo manoscritto, le uniche differenze nel caso delle piante si riscontrano nell'orientamento che, in seguito alla stampa con la tecnica acquaforte, verrà specchiato e dunque le piante si presentano con il nord a sinistra.

Confrontandosi con il rilievo realizzato da Serlio, Desgodets denunciò molti errori e nei disegni di Palladio riscontrò sia una discrepanza tra disegno, quote e descrizione¹⁴, sia un problema dimensionale¹⁵. Come già esposto nel precedente capitolo, queste affermazioni così in contrasto con i trattatisti del Cinquecento causeranno non pochi problemi alla diffusione del volume di Desgodets nell'*Académie*.

¹⁴ "il n'a pas dessiné le plan comme il l'a coté dans sa description". Desgodets 1771, p.5.

¹⁵ ad esempio sul fronte riscontra un errore di 4 piedi e 4 pollici "tout la face du portique trop petite de quatre pieds quatre pouces" Desgodets 1771, p.5

Della *Raccolta de' tempj antichi*¹⁶, pubblicata tra il 1780 ed il 1790 da Francesco Piranesi, si è già parlato nel secondo capitolo, descrivendo come alcuni disegni sono certamente attribuibili al padre Giovan Battista e databili al 1756. Tre sono le piante del Pantheon con orientamento verticale sud-nord, di grande formato, 102x72 cm, realizzate con la tecnica dell'acquaforte. La prima, ad una quota compresa tra 2 e 4 m, contiene tutte le informazioni di misura ed il disegno delle pavimentazioni (Figura 6). La seconda e la terza sono suddivise in due metà e riportano quote diverse: l'attico; il primo livello di cassettoni; la copertura. Lo spessore delle linee è costante, e per distinguere le parti sezionate, muri e colonne hanno una campitura piena, puntinata e uniforme. Piranesi usa un sistema di quote lineari, parziali e totali, ed una scala metrica di 100 palmi romani.

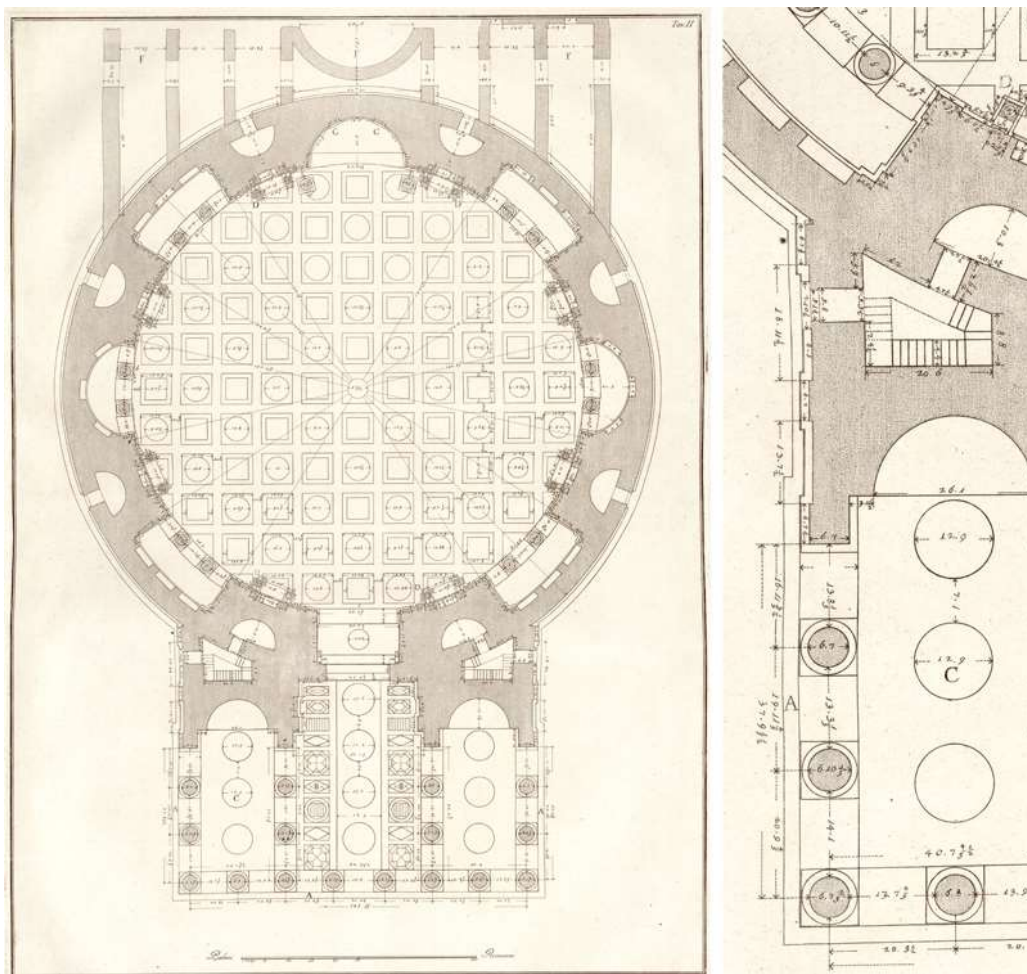


Figura 6 - Pianta del primo livello e dettaglio del corpo scala - Piranesi 1756

¹⁶ Piranesi 1790, l'edizione acquisita porta la dicitura: XXIX stampa.

I commenti al disegno vengono riportati disponendo il testo direttamente sull'elaborato, in basso al di fuori della squadratura con l'ausilio di lettere maiuscole che indicano le diverse aree descritte. Il monumento non è più completamente isolato, compaiono i resti delle terme di Agrippa sul lato sud con le quali dunque è stabilita una relazione, sempre assenti invece sia gli edifici addossati, sia le sistemazioni della piazza. Nonostante il titolo della tavola "*Ichnografia dello stato presente del Panteon di Marco Agrippa ora volgarmente detto la Rotonda*" faccia riferimento allo "stato presente", mancano, anche nei disegni di Piranesi, alcuni elementi dovuti alla trasformazione del tempio in chiesa. L'architetto non restituisce alcuna rappresentazione dell'altare né dell'accesso alla sagrestia, ma riporta alcuni recenti interventi, indicando sia nel testo sia nella tavola: "gradi moderni intorno al portico; nuovo pavimento di mattoni in cortello; pilastri moderni che adornano l'altare maggiore"¹⁷. Inoltre, come vedremo nella terza tavola, e ancor più nei prospetti e nelle sezioni, vengono sistematicamente omessi i campanili eretti nel 1626. Rispetto ai disegni di Desgodets, Piranesi rappresenta entrambi i corpi scala con quote e dettagli e differenzia le rampe del corpo scala a est da quelle a ovest in funzione degli accessi ai locali semicircolari ricavati nella muratura.

Nella seconda tavola, "*Ichnografia dello stato antico del Panteon*" (Figura 7), che contiene la pianta divisa a metà che descrive più livelli, Piranesi associa al rilievo un'ipotesi ricostruttiva del monumento antico. Vengono dunque aggiunti i gradoni di accesso al tempio, il piedistallo di base delle Cariatidi¹⁸ e gli ambienti dell'attico prima degli interventi del 1757. Una considerazione a parte merita la rappresentazione dell'attico, in questa tavola possiamo vedere la sua rappresentazione in pianta, e nella tavola XII e XIII si trova un dettaglio del prospetto interno ed una prospettiva. Con questi elaborati Francesco Piranesi porta a compimento l'opera del padre Giovan Battista, che aveva sospeso la pubblicazione sul Pantheon forse proprio a causa della spinosa questione dell'attico di Paolo Posi¹⁹. Francesco riporta, sia i disegni dell'attico antico, effettuati prima della demolizione, sia una vista prospettica della nuova e controversa sistemazione.

¹⁷ Tavola I

¹⁸ citate da Plinio il Vecchio nella sua *Naturalis historia*. Plinio il Vecchio, XXXVI, 38.

¹⁹ cfr cap. 2.1.4

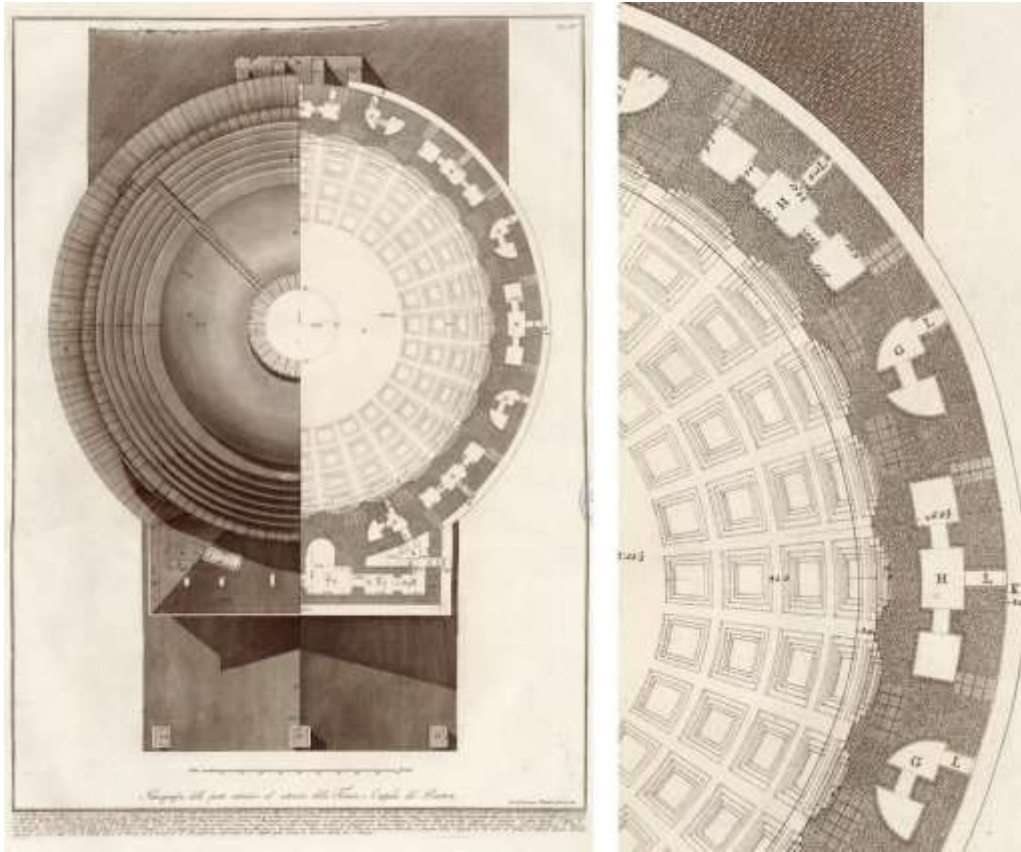


Figura 7 - Pianta dei livelli superiori e dettaglio degli ambienti a livello della cupola
- Piranesi 1756

La terza tavola è nuovamente un disegno dello "stato presente". Questo elaborato, che porta il nome di "*Ichnografia delle parti interiori ed esteriori della Fornice o Cupola del Panteon*" (Figura 7), è diviso in due parti e descrive sia la copertura sia il primo livello dei cassettoni, con una particolare attenzione agli aspetti costruttivi. Il disegno raggiunge un dettaglio molto elevato, nella metà di destra Piranesi rappresenta l'orditura dei mattoni della muratura principale e ipotizza, all'interno del muro, archi di sostegno della cupola di cui disegna l'apparecchio. La geometria dei cassettoni, il loro orientamento, testimonia una conoscenza, e una misura esatta, consentita proprio dal ponteggio mobile costruito da Giovanni Corsini, detto Campanarino, che permette la realizzazione dei rilievi della volta cassettonata e verrà rappresentato nella XXIX tavola (Figura 8)²⁰. Nell'altra metà della tavola, con la pianta delle coperture, Piranesi dimostra tutta la capacità espressiva della stampa con la tecnica dell'acquaforte. Disegna sapientemente le

²⁰ cfr. cap. 6.3 "La costruzione della cupola".

campiture della cupola per evidenziare la forma sferica mettendone in risalto le ombre proprie. Aumentando lo spessore del tratto, Piranesi rappresenta contemporaneamente anche le ombre portate dei gradoni e dell'oculo conferendo profondità all'immagine planimetrica.

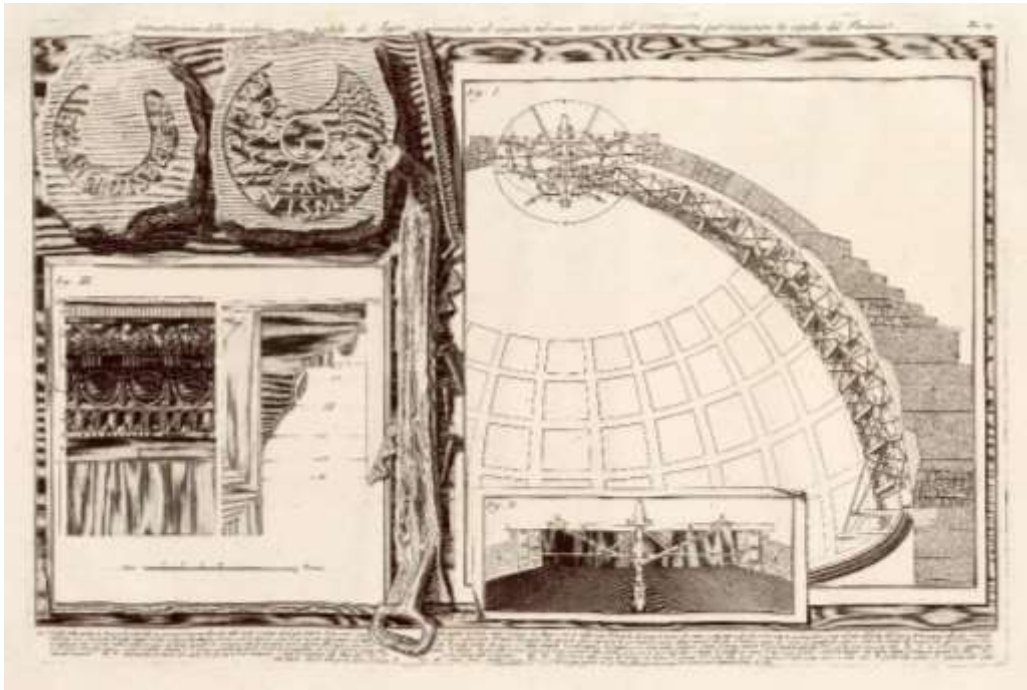


Figura 8 - Il ponteggio mobile del Campanarino costruito per i restauri della cupola - Piranesi 1756

Il concorso Clementino del 1754 prevede, per i giovani architetti della Terza Classe, il disegno di "Piante, prospetto e profilo o sia spaccato per il mezzo della porta della chiesa del Portico del Pantheon detto la Rotonda". Come descritto nel capitolo precedente (Cfr. 2.3), questi rilievi prodotti per il concorso rappresentano una preziosa documentazione in quanto per la prima volta agli architetti è richiesto di rappresentare la chiesa di S. Maria ad Martyres e non il monumento antico. I vincitori del primo, secondo e terzo premio sono: Francesco Demesmay; Bonaventura Solari; Giuseppe Annibaldi. Tutti i disegni, di grande formato, sono conservati nell'archivio dell'Accademia di San Luca²¹.

²¹ Le copie digitali di questi disegni, acquisite recto-verso ad altissima definizione, provengono dalla banca dati Lineamenta, un progetto realizzato dalla Bibliotheca Hertziana dell'istituto Max-Planck-Institut für Kunstgeschichte.

Francesco Demesmay consegna cinque elaborati, la maggior parte dei quali ricostruttivi dello stato antico, tranne quello iniziale, una pianta della chiesa divisa in tre parti, che rappresenta contemporaneamente a più livelli (Figura 9)²². Il disegno è realizzato su un foglio in carta di dimensioni 94,7 x 60,6 cm, con matita, penna e inchiostro acquerellato. L'edificio è rappresentato in verticale con il nord verso il basso e una scala metrica di cento palmi romani. Completamente isolato dal contesto, il disegno è suddiviso in tre parti: a destra è visibile la copertura; a sinistra, in basso, è disegnata la pianta all'altezza dell'attico che mostra anche il disegno della pavimentazione; in alto a sinistra troviamo la pianta all'altezza del primo livello di cassettoni. Le parti sezionate hanno una campitura piena e si distinguono sia le linee di costruzione a matita, sia le linee in proiezione di un grigio più chiaro, sia la linea di sezione più evidente e nera. Il disegno della copertura è arricchito da un'ombra, realizzata con un tratto più scuro di acquerello, che restituisce la sfericità della cupola. Il dato più significativo di questo disegno è certamente la pianta dei campanili realizzati nel 1626 da Carlo Maderno²³, per la prima volta rappresentati in un elaborato di rilievo.

Da questo punto di vista i disegni di Bonaventura Solari, sono ancora più preziosi. Egli realizza una pianta del primo livello, una sezione trasversale ed una quarta tavola con due disegni: prospetto laterale e sezione trasversale del portico nella prima campata a ridosso dell'avancorpo. Su un foglio in carta delle dimensioni di 60 x 83 cm, in verticale, Solari riporta la pianta, indicando le pavimentazioni con un tratto sottile e tratteggiato. Il disegno è accompagnato da una scala metrica di 100 palmi romani ma non sono presenti quote dimensionali. La chiesa è isolata dal contesto e tutte le parti sezionate sono campite con un acquerello grigio scuro, che viene usato anche per dare un effetto "ombra" sui gradini dell'altare. Il disegno degli altari è una vera innovazione, fino a questo momento essi erano stati "idealizzati", omettendo le recenti trasformazioni. Solari invece riporta fedelmente la sistemazione dell'altare maggiore e altre informazioni inedite. Nella massa del muro della Rotonda per la prima volta vediamo comparire tutte le aperture di accesso alla cappella della Compagnia di S. Giuseppe in Terrasanta e quelle di accesso alla sacrestia, o cappella delle reliquie, nel lato sud-ovest²⁴.

²² *Iconographia partis superioris Pantheon, ordinis attici, ubi in presentiarum visituo, de tecto, base tholi deque superstrato pumbeo.* Proveniente dagli archivi dell'Accademia di San Luca, Roma, ASL 0523.

²³ cfr. capitolo 1, paragrafo 1.2.2. Restauri e trasformazioni tra il X ed il XIX sec.

²⁴ Per le trasformazioni dell'altare ed i dettagli sulle principali memorie in S. Maria ad Martyres si veda: Pasquali 1996, p.61.

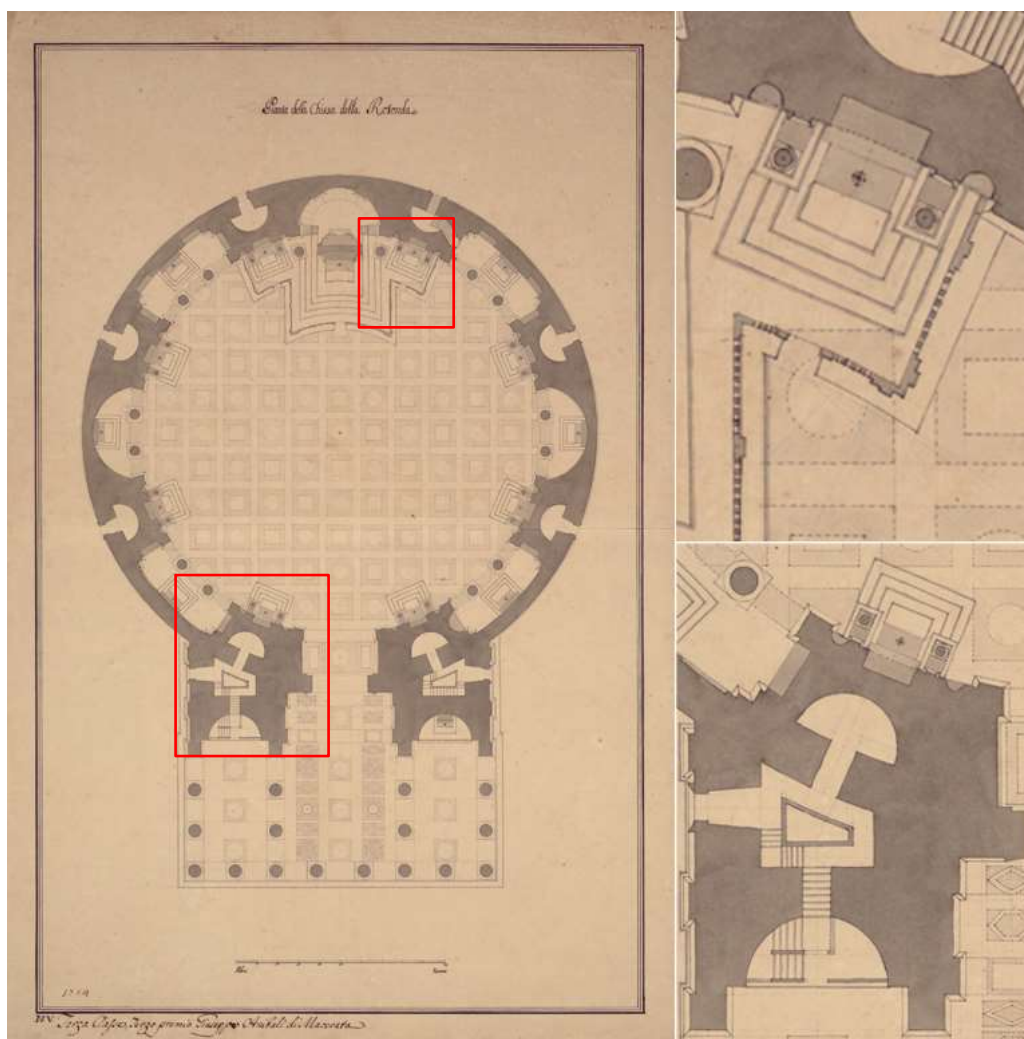


Figura 10 - Pianta del primo livello con dettagli - Annibaldi 1754 - Nei riquadri gli altari e il corpo scala.

Tutte queste nuove informazioni sulla pianta sono confermate dai disegni di Annibaldi, che consegna tre elaborati, una pianta, un prospetto ed una sezione trasversale del portico nella prima campata a ridosso dell'avancorpo (Figura 10). Per quello che riguarda la pianta, gli altari e le aperture, gli elementi restano invariati, le uniche differenze tra i due lavori sono nella qualità della rappresentazione grafica. Il tratto di Annibaldi è più deciso e più preciso, e ciò gli consente di aumentare la quantità di dettagli che riesce a rappresentare. Così come nel tratto, anche nell'uso del colore Annibaldi dimostra maggiore competenza, ne dà prova usando due toni diversi di acquerello grigio per rappresentare le parti sezionate e quelle in vista diretta, come ad esempio le nicchie all'interno delle cappelle.

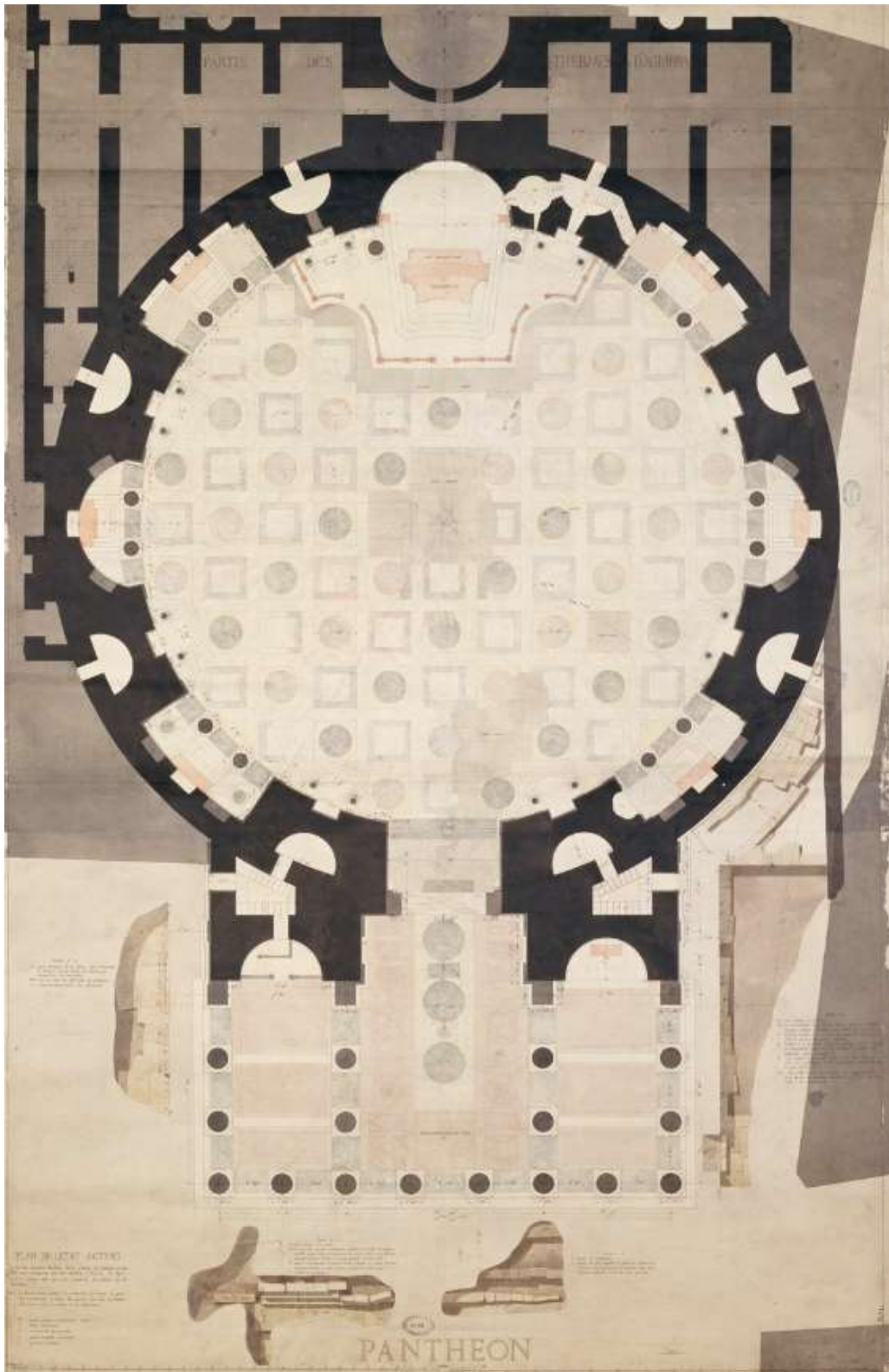


Figura 11 - Pianta del primo livello - Leclère 1813

I 21 disegni realizzati da Achille Leclère per il suo *Envois* di quarto anno sono conservati presso la biblioteca dell'*Académie* in un faldone di dimensioni 70 x 100 intitolato: "Pantheon a Rome – Restauration de 1813 par M. Leclère Architecte Pensionnaire du Roi a l'Académie de France a Rome"²⁵. La prima tavola è una pianta nello "stato attuale" e ha le dimensioni di 139 cm x 101 cm (Figura 11). Firmata in basso a destra, e disegnata con inchiostro di china ed acquarello, la tavola è ottenuta incollando su tela tre fogli di carta, per raggiungere il formato *Grand Aigle* richiesto dall'*Académie*, e sono ancora perfettamente leggibili tutte le linee di costruzione a matita ed i segni della punta del compasso. Il Pantheon è rappresentato, come già in Piranesi, in verticale, con il nord rivolto verso il basso ed inserito nel contesto in relazione alle "terme di Agrippa" e agli edifici circostanti. Il disegno è inserito in una squadratura molto semplice all'interno della quale troviamo anche tutte le didascalie che spiegano i contenuti delle diverse aree scoperte in seguito agli scavi condotti da Valadier e Fea tra il 1801 ed il 1805 intorno al pronao (Figura 12)²⁶.

Leclère è uno dei primi architetti a rilevare il Pantheon usando il sistema metrico decimale ²⁷, e nonostante nel disegno siano rappresentate sia la scala in metri sia in *toise*, tutte le quote dimensionali, parziali e totali sono espresse in metri e millimetri. Leclère dimostra fin da subito un'attenzione particolare per i materiali campendo le parti sezionate con colori diversi a seconda del materiale: nero per il conglomerato cementizio e grigio per i marmi. La sua grande abilità tecnica si dimostra in questo primo elaborato attraverso un sapiente uso del colore, delle ombre e degli spessori delle linee. Le pavimentazioni, seppur descritte nei minimi dettagli, indicando con precisione le aree degradate, restano sempre in secondo piano rispetto all'architettura del monumento. Gli scavi, fondamentali per il racconto delle nuove scoperte, vengono evidenziati grazie all'uso di una leggera ombra proveniente da sud-est. Nella pianta Leclère rileva e disegna la chiesa così come si presenta agli inizi dell'Ottocento, senza particolari "correzioni" né omissioni, che invece troveremo nelle sue sezioni e prospetti. Come già per il concorso Clementino del 1754 egli riporta tutti gli accessi alla chiesa, alla sacrestia, ed alla cappella della Compagnia di S. Giuseppe in Terrasanta. La caratteristica principale di questo disegno, la sua forza, è proprio quella di

²⁵ Oltre alla consultazione dei disegni originali presso la biblioteca dell'*Académie*, le copie digitali sono state acquisite attraverso l'*Agence Photographique de la Rmn-Grand Palais*.

²⁶ Debenedetti 1987, Canina-Valadier 1843.

²⁷ Sull'uso della nuova unità di misura e sulle conseguenze per l'architettura si rimanda al Capitolo 2.2.3. Si ricorda qui che solo Giuseppe Valadier, incaricato qualche anno prima di risistemare la piazza aveva adottato la nuova unità di misura e dunque esiste un antecedente ai disegni di Leclère, ma ad una scala diversa, meno dettagliata.

evidenziare i materiali e tutti i segni, sia del degrado, sia degli interventi dell'uomo, sul corpo antico del monumento. Per questo vediamo comparire, per la prima volta in un rilievo del Pantheon, delle "*parti ruine*" o la scritta sull'altare maggiore "*elevé par Clement XI*"²⁸. Inoltre troviamo evidenziati e segnalati nella didascalia alcuni nuovi interventi come un fonte battesimale ricavato nella nicchia della cappella della Vergine e tutti i santi, ed una nuova cappella aperta nel conglomerato alle spalle dell'altare, con accesso diretto alla sacrestia (o cappella delle reliquie). Ultimo dettaglio, non meno significativo, riguarda i corpi scala che sono disegnati e quotati con grande attenzione. A differenza di quanto riportato in passato, da Piranesi o Solari, le scale hanno pedate molto più larghe e si sviluppano maggiormente lungo il muro della rotonda, per la prima volta è rappresentato correttamente il rapporto tra la rampa di scale e l'ingresso alla nicchia.

La seconda delle piante disegnate da Leclère, che riporta lo stesso orientamento e formato della tavola precedente, ospita nei quattro quadranti le sezioni orizzontali a livelli differenti (cfr. 8.1).

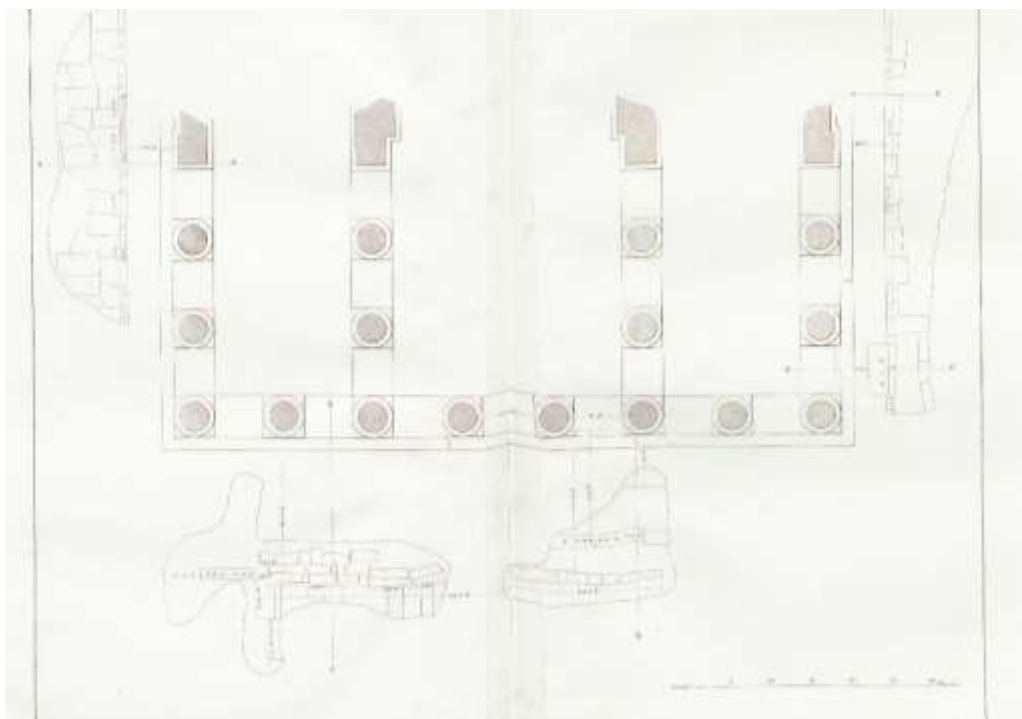


Figura 12 - Pianta degli scavi intorno al portico - Valadier 1801-1805

²⁸ Solo Piranesi aveva riportato nelle didascalie alcune informazioni relative ad interventi "moderni" sul Pantheon, ma mai citandone gli autori come Leclère.

Nella prima, in basso a sinistra, "*Plan à la hauteur de l'entablement interieur*", la linea di sezione è a livello dell'attico, e mette in evidenza l'alternanza tra edicole cieche e finestre che danno luce alle cappelle. A questa quota è visibile il collegamento tra il corpo scala est e le nicchie interne al muro, sia verso la rotonda sia verso l'avancorpo sede della Compagnia di S. Giuseppe in Terrasanta. Nelle cornici, quella interna e quella del portico, Leclère mette in evidenza, sempre usando campiture con colori differenti, i conci della trabeazione e le grappe che ne assicurano la posizione. Il rilievo è accurato e Leclère riporta su tutte le cornici e sui timpani delle finestre i fori di fissaggio di un fregio ornamentale²⁹, sottolineando attentamente questo dettaglio con indicazioni puntuali (lettere maiuscole che rimandano ad una legenda posizionata all'esterno del disegno).

In basso a destra si trova il secondo livello, "*Plan à la hauteur de la corniche de l'attique interieur*", in cui la cornice dell'attico non è sezionata bensì in vista diretta e la pianta non è rappresentata tutta alla stessa quota. Nel portico Leclère solleva il piano di sezione per rendere visibile tutta la copertura, della quale però disegna una "ricostruzione". Esattamente come aveva fatto per condurre le ricerche, facendo sollevare le tegole per studiare la copertura ed il frontone, nel disegno scopre una parte del tetto togliendo le tegole per mostrarne la struttura (Figura 13).

In alto a destra, troviamo la terza pianta che corrisponde al primo filare di cassettoni anche se il suo titolo, "*Plan à la hauteur de la seconde corniche exterieur*", che si riferisce alla seconda cornice esterna, indicherebbe una quota più alta. Con questa pianta Leclère vuole comunicare sia la geometria dei cassettoni del Pantheon³⁰, sia il rapporto tra il tempio e le terme di Agrippa, arrivando ad escludere la possibilità che vi fosse mai stato un accesso dalle terme verso il Pantheon. Nella pianta viene evidenziato il collegamento tra gli ambienti inseriti nel muro della rotonda e la seconda cornice esterna, mentre le terme restano più in basso in vista diretta³¹.

²⁹ Nelle tavole ricostruttive a questi fori Leclère fa corrispondere un fregio con motivo a palmette.

³⁰ Tema che svilupperà nel dettaglio in una tavola espressamente dedicata (Env. 9-20) cfr. 6.2

³¹ "il sig. Leclère ha potuto constatare che effettivamente esse [le terme di Agrippa] erano immediatamente contigue al Pantheon, che la muratura dei due edifici era intimamente connessa fino ad una certa altezza, che anche la seconda cornice esterna del pantheon girava e sembrava prolungarsi sulla parte centrale dell'edificio delle terme, ma che non vi era alcuna apertura, né alcun passaggio che autorizzasse a ritenere che tra loro fosse mai esistita, al piano

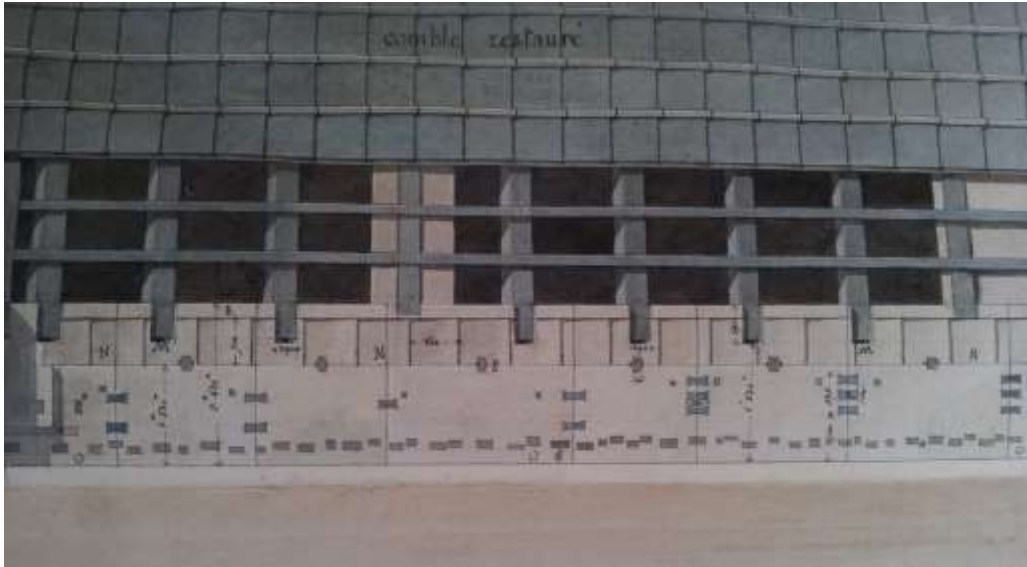


Figura 13 - Dettaglio della "*Plan à la hauteur de la corniche de l'attique interieur*" - Leclère 1813 - in evidenza l'area in cui Leclère "solleva" le tegole per rendere visibile la struttura e l'ancoraggio del timpano, (cfr. 8.1).

La quarta ed ultima porzione della pianta, *Couverture de la coupole*, in alto a sinistra, ospita la pianta della copertura ed un disegno in sezione dei suoi gradoni. Per metà viene rappresentata la copertura esistente in piombo, l'altra metà invece ospita la ricostruzione dello stato antico con scaglie in bronzo. Nella sezione dei gradoni, ancora una volta Leclère mette in evidenza i materiali, usando i colori già descritti nella stessa pianta, a livello dell'attico.

Numerose furono le piante realizzate da Armanini e Beltrami in occasione degli scavi del 1892, quella più completa, pubblicata nel 1898³², porta il nome di "Pianta del Panteon di costruzione adrianea e degli avanzi di fabbriche addossatevi". Il disegno, firmato in basso a destra Pier Olinto Armanini è una pianta del Pantheon e degli edifici addossati, ad una quota compresa tra i 2 ed i 4 m dal suolo. L'orientamento del disegno è verticale con il lato nord in basso, con alcune quote dimensionali posizionate nell'area del portico. La tavola mostra un'ombra a 45° delle parti sezionate il che conferisce profondità, mentre risaltano, tra le ombre e il disegno della pavimentazione, le parti sezionate lasciate in bianco. L'edificio viene inserito nel contesto, di cui per la prima volta possiamo

rialzato, una comunicazione interna e diretta" Seduta del 7 ottobre 1815, Archives de l'Institut, 5 E7, in: Ciancio Rossetto-Pisani Sartorio-Uginet 1992, p.101.

³² L'immagine, ad alta risoluzione, proviene dall'archivio digitale dell'Istituto Archeologico Germanico. Beltrami 1898.

osservare i dettagli, sono rappresentati con attenzione gli edifici addossati al Pantheon, le loro scale e cantine da cui si accede alle differenti aree di scavo dirette da Beltrami. Nonostante questa attenzione al contesto, l'edificio che Armanini disegna è il Pantheon antico, sul quale non vengono indicati gli interventi di trasformazione subiti, come l'apertura dei vani di passaggio per le cappelle e gli altari. I corpi scala sono entrambi rappresentati ma non quotati (Figura 14).

L'aspetto più interessante che emerge da questa pianta è in effetti proprio nel suo contenuto. Basandosi sulle evidenze archeologiche, Armanini disegna oltre il colonnato un podio profondo più di 7m, davanti al quale una lunga scalinata separa il tempio dalla piazza³³, riproponendo così un'ipotesi, che affonda le sue radici negli scavi dei primi anni dell'Ottocento descritti da Valadier e Leclère, che Labrouste riprende e graficizza nel 1828 e Armanini formalizza in seguito ai recenti scavi.

Le altre piante di scavo, realizzate sia da Armanini, sia da Beltrami, sono disegni parziali che mettono in evidenza tematiche di dettaglio con un carattere molto diverso da quello del lavoro dei *pensionnaires*. Il lavoro dei francesi che fino ad ora abbiamo analizzato, è frutto di un anno di studi e ricerche, presentato, come da regolamento, sotto forma di elaborato di sintesi. La raccolta di disegni di Armanini e Beltrami non solo avviene molto tempo dopo gli scavi, ma è strutturata per accompagnare i temi archeologici e, dunque, si presenta in forma analitica.

³³ In realtà tutte le più recenti ipotesi, confermate dagli scavi di Paola Virgili e Paola Battistelli (Virgili-Battistelli 1999, Virgili-Battistelli 2008), propongono un podio rialzato e solo due scale laterali. Si veda Cap 1 par 1.2.

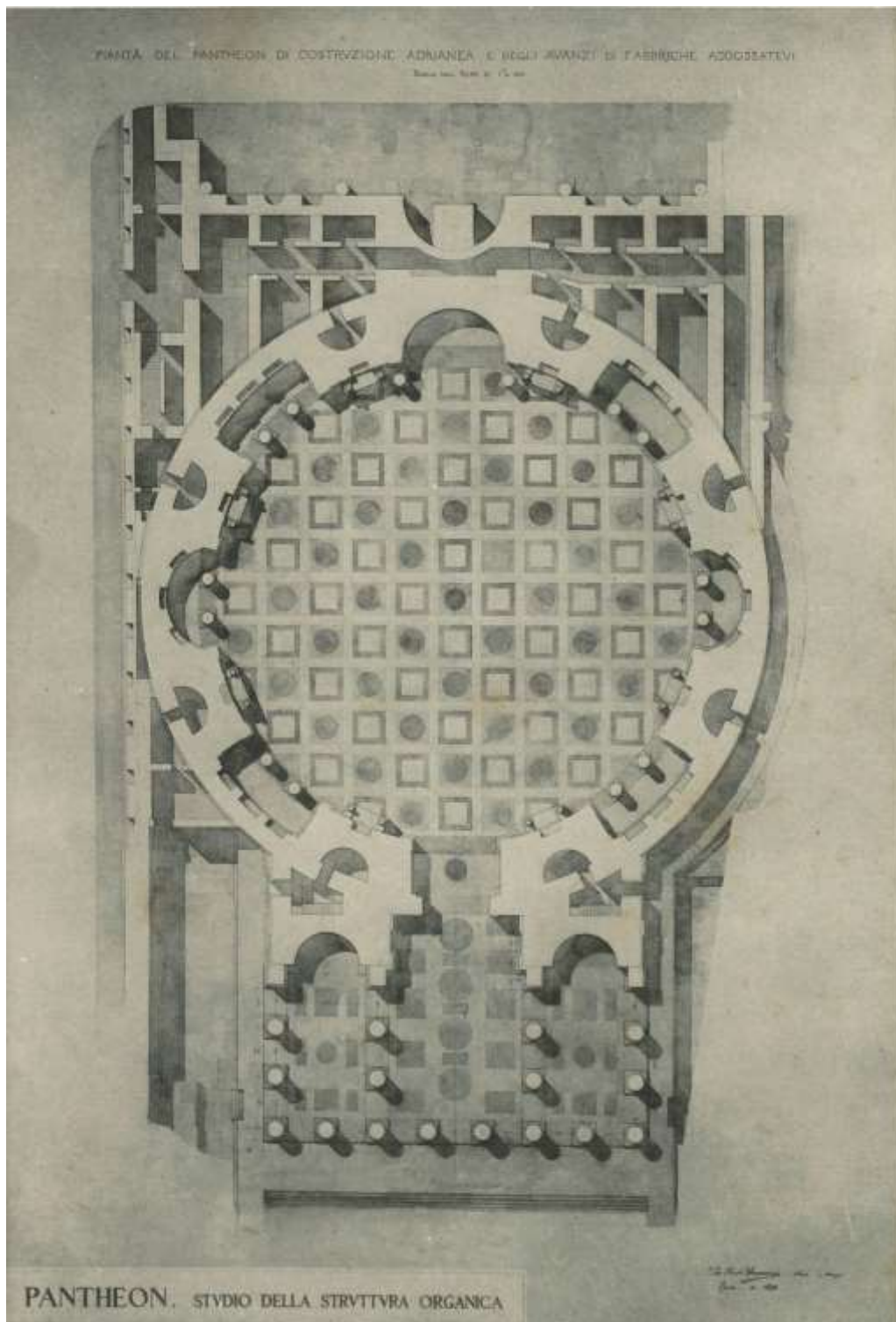


Figura 14 - Pianta dello stato antico del Pantheon - Armanini 1892

autore - anno	caratteristiche salienti
Desgodets - 1682	differenti versioni tra manoscritto e stampa - variazione importante dello spessore del muro perimetrale - un solo corpo scala - nessuna traccia delle trasformazioni in chiesa - alcun contesto
Solari - 1754 Annibaldi - 1754	disegno della chiesa con altari accessi alle cappelle e alla sacrestia - alcuni errori sul disegno dei corpi scala e sugli accessi alle cappelle tra avancorpo e rotonda
Demesmay - 1754	per la prima volta compare la pianta dei campanili
Piranesi - 1756	nessuna traccia delle trasformazioni in chiesa nell'interno ma riporta alcuni interventi sul portico - compare il contesto con le terme di Agrippa - attenzione agli aspetti costruttivi con inserimento della struttura di archi e paramenti murari nelle parti sezionate
Leclère - 1813	disegno della chiesa con altari accessi alle cappelle e alla sacrestia - disegno del contesto terme con le terme di Agrippa e gli edifici circostanti addossati e non - uso del colore per differenziare i materiali - segni del degrado e dei recenti restauri - attenzioni di tipo costruttivo in particolare nella zona del portico
Armanini - 1892	disegno del pantheon antico con alcune indicazioni di tipo ricostruttivo, ad esempio del podio, provenienti dagli scavi archeologici.

Tabella riepilogativa delle caratteristiche salienti dei disegni analizzati

3.2 Le Sezioni.

Ancor più che nei disegni in pianta, il disegno della sezione mette ciascun autore di fronte a scelte che riguardano sia il contenuto dei disegni, sia la comprensione, geometrico-costruttiva del monumento. Ciascuno degli autori trattati in precedenza realizza una sezione, longitudinale o trasversale, che acquista caratteristiche proprie. Ognuno degli architetti che si cimenta con questo disegno, racconta un Pantheon differente, tanto nella forma quanto nella struttura.

Desgodets sceglie di disegnare sia la sezione longitudinale, sia quella trasversale. La prima è nella VI tavola (Figura 15)³⁴, ed il lato in vista diretta è quello est, le parti sezionate presentano una campitura uniforme, assente nei manoscritti del 1676-77 e del 1682 (Figura 16). Solo nel secondo manoscritto, a causa della preparazione per la stampa con la tecnica dell'acquaforte, la sezione appare specchiata ma contiene più informazioni della versione a stampa³⁵. Ad esempio nel manoscritto si osservano una serie di misurazioni effettuate in situ, ed in corrispondenza dell'oculo, sul pavimento, una ipotesi sul canale di scarico delle acque meteoriche che sarà eliminata nella versione a stampa. In entrambi i disegni l'edificio poggia su una esile linea di terra omettendo qualunque considerazione sul sistema di fondazione. Allo stesso modo la campitura uniforme della sezione non fornisce indicazioni di tipo strutturale. Desgodets conferma e ribadisce, in tutti i suoi elaborati lo scopo della missione affidatagli da Blondel: misurare gli ordini antichi per comprenderne le leggi proporzionali. Nel testo che accompagna la tavola, Desgodets si sofferma sulle tipologie di marmi, ma soprattutto sulla descrizione dell'attico, i cui pilastri "*sont si peu proportionnés avec l'entablement et le piedestal, que l'on a de la peine à appeler un ordre cet assemblage mal-ordonné de parties*"³⁶.

In copertura la linea di sezione è continua e non mostra alcuna differenziazione tra le varie parti. Come per le piante, della sistemazione interna dei vari arredi ed altari Desgodets non riporta traccia, in particolare in corrispondenza dell'edicola maggiore ove era l'ingombro della *pergula*, quello del ciborio e il perimetro del presbiterio³⁷, che non vengono rappresentati. In questi disegni ogni traccia delle trasformazioni avvenute nei secoli viene cancellata. Desgodets rappresenta solo il Pantheon antico, tanto da cancellare in tutti i disegni i campanili realizzati nel

³⁴ Desgodets 1671.

³⁵ Desgodets 1676-77; Desgodets 1682.

³⁶ Desgodets 1671, p.11

³⁷ Realizzato nel 1670. Pasquali 1996, p 61.

1626.

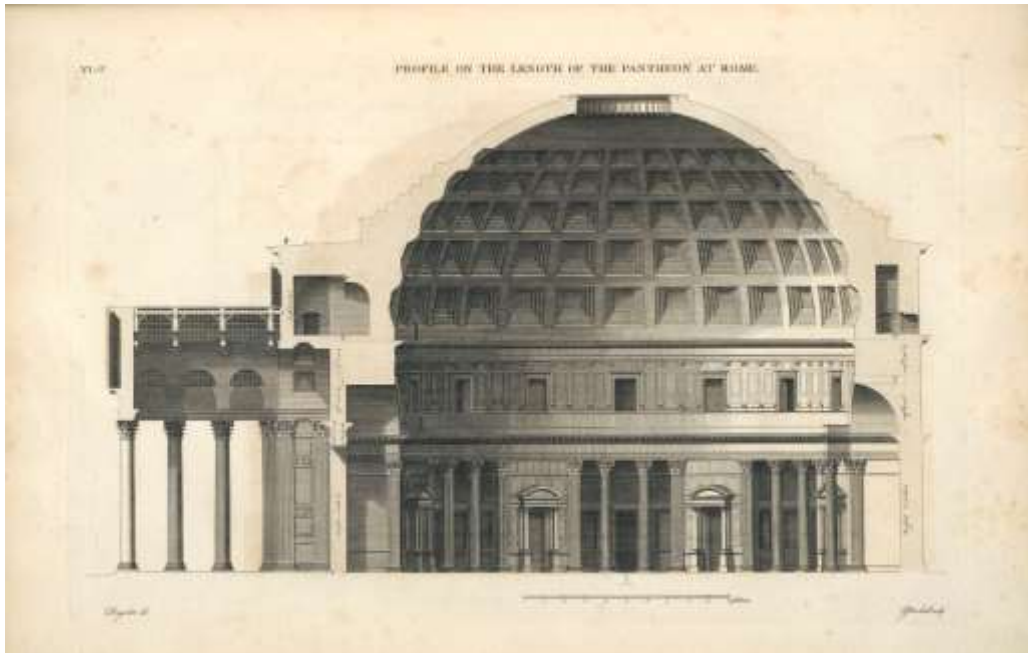


Figura 15 - Sezione longitudinale - Desgodets 1682

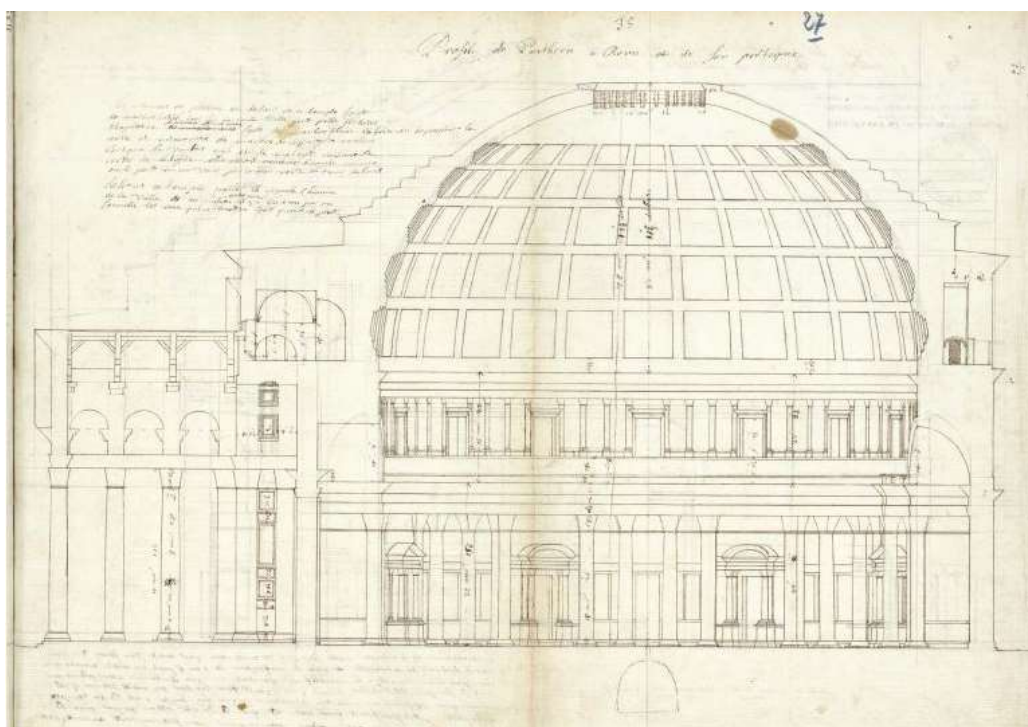


Figura 16 - Sezione longitudinale, primo manoscritto - Desgodets 1676-1677

In copertura la linea di sezione è continua e non mostra alcuna differenziazione tra le varie parti. Come per le piante, Desgodets non rappresenta la sistemazione interna dei vari arredi ed altari in particolare in corrispondenza dell'edera maggiore ove era l'ingombro della *pergula*, quello del ciborio e il perimetro del presbiterio³⁸. In questi disegni ogni traccia delle trasformazioni avvenute nei secoli viene cancellata. Desgodets rappresenta solo il Pantheon antico, tanto da cancellare in tutti i disegni i campanili realizzati nel 1626.

Del rivestimento in piombo della cupola, Desgodets riporta nel dettaglio solo quello dell'oculo mentre non fa nessun accenno alla presenza di altre lastre di piombo esterne o interne, che invece sono riportate dalle fonti³⁹. Il disegno appare molto pulito e rigoroso, sono presenti alcune misure di riferimento ed una scala metrica di 10 *toise*. Nella versione a stampa del 1771 è introdotta un'ombra, totalmente assente nel primo manoscritto, in cui la luce appare come proveniente da nord (in alto a sinistra dell'elaborato) con una direzione di circa 30° e proietta delle ombre che accentuano l'effetto volumetrico della cupola ed illuminano con luce piena il lato sud, esattamente al contrario di quello che accade nella realtà con la luce che filtra dall'oculo in direzione dell'ingresso.

La sezione trasversale, contenuta nella tavola VII, presenta caratteristiche grafiche simili alla longitudinale. La particolarità di questa rappresentazione è la scelta di dividere in due metà l'elaborato. In questo modo vengono mostrati entrambi i lati del Pantheon, sia l'ingresso, mai rappresentato prima, sia l'abside sul fondo. Il confronto diretto tra le due sezioni, viene usato per evidenziare la mancanza di simmetria tra la volta che copre l'ingresso e l'abside al di sopra dell'altare (Figura 17).

³⁸ Realizzato nel 1670. Pasquali 1996, p 61.

³⁹ Lo stesso Piranesi nella tavola XII parla di perni e lamine di bronzo, inoltre alcuni documenti del 1753 attestano la caduta di "grandi frammenti antichi di piombo" Pasquali 1996, p.70.

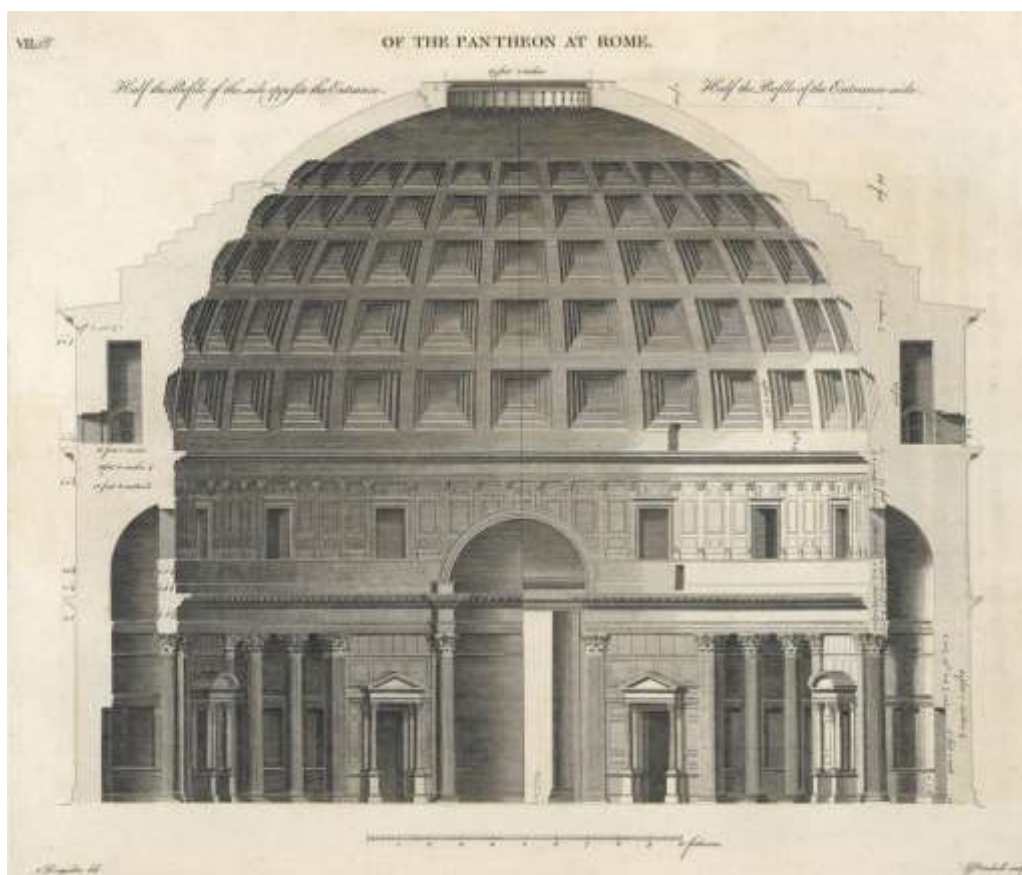


Figura 17 - Sezione trasversale - Desgodets 1682

La volta che copre l'ingresso e l'abside dell'altare principale sono alla stessa altezza anche se il vano d'ingresso è più stretto. Desgodets vuole evidenziare la soluzione d'appoggio della volta sul sistema cornice-parasta che è differente nei due casi. Nella prima versione del manoscritto, la sezione era accompagnata sia da uno stralcio in dettaglio, con le coltellazioni utilizzate per rilevare la curvatura della volta dall'esterno, sia da un testo, contenente un'ipotesi sul sistema di fondazione elaborata da Desgodets sollevando alcune lastre del pavimento.

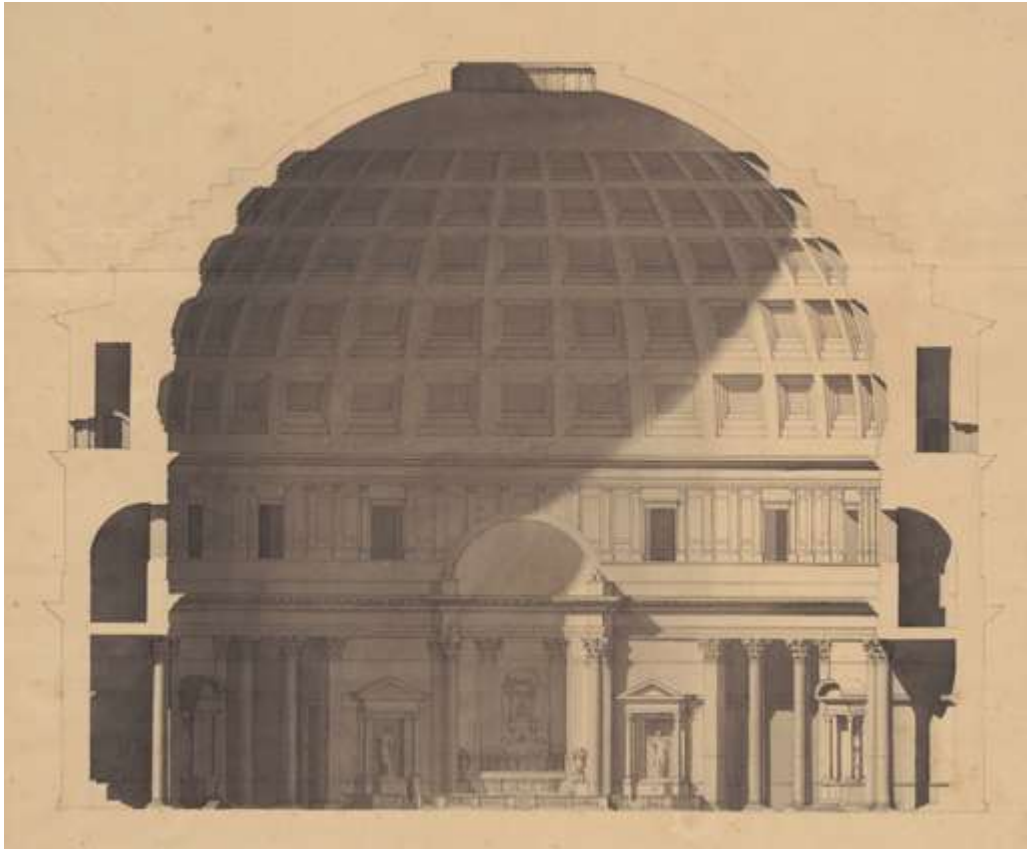


Figura 18 - Sezione trasversale - Solari 1754

Per il concorso Clementino del 1754, Bonaventura Solari presenta una sezione longitudinale del Pantheon (Figura 18 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). Il disegno, a matita, è su un foglio di dimensioni 60 x 82 cm e riporta una scala metrica di 100 palmi romani. La sezione, priva di quote dimensionali, mostra in vista diretta il lato sud con l'altare principale. Come già evidenziato per le piante del concorso Clementino, questa sezione rappresenta una testimonianza preziosa per la descrizione delle sistemazioni interne e, soprattutto, dell'altare principale. Il progetto, affidato all'architetto Specchi nel 1710, con l'obiettivo di esaltare nel Pantheon la simmetria centrale è definitivamente compiuto e visibile nei disegni di Solari⁴⁰. Nella sezione, come già in Desgodets, è omessa qualunque rappresentazione delle fondazioni e del sistema costruttivo, ma l'apparato decorativo, assente nei disegni del francese, ci offre una fedele fotografia dello stato di fatto del Pantheon al 1754. Al centro dell'altare tra due lesene "all'antica"

⁴⁰ I complessi lavori di "migrazione" di reliquie e statue tra gli altari sono descritti nel dettaglio in: Pasquali 1996, pp.58-62.

è posizionata una icona della madonna, ai lati due angeli incorniciano l'altare ed una nuova balaustra divide il presbiterio dalla chiesa. Anche gli altari, che Desgodets aveva rappresentato vuoti e con i piedistalli completamente separati tra loro, sono riportati allo stato di fatto con il paliotto leggermente arretrato e le statue.

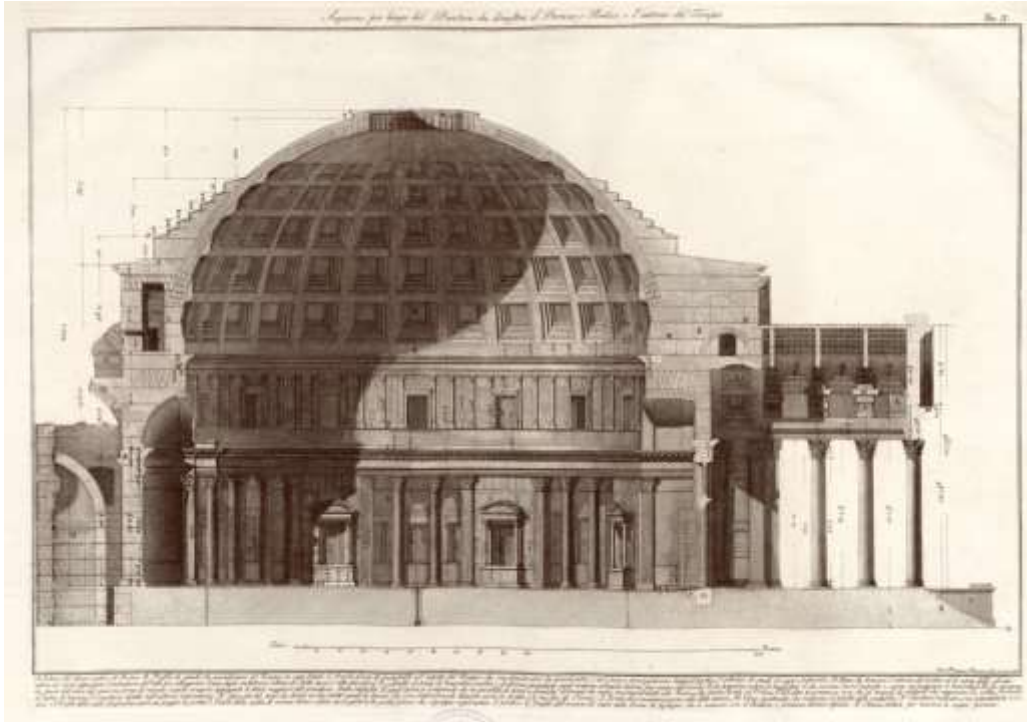


Figura 19 - Sezione longitudinale - Piranesi 1756

Le sezioni realizzate da Giovan Battista Piranesi, mostrano fin dal primo esame caratteristiche molto diverse. Nella tavola X, la sezione longitudinale, (Figura 19) è in vista diretta il lato est, dunque il lato opposto rispetto a Desgodets, ma in linea con i disegni di Giovanni Antonio Dosio (1533-1611) e Andrea Palladio (1508-1580). Il disegno è ricco di quote, informazioni e dettagli costruttivi. In basso a destra è firmata "Cav. Francesco Piranesi, 1786"⁴¹. In alto, all'esterno della squadratura è riportato il titolo: "Sezione per lungo del Pantheon che dimostra il Pronao, o Portico, e l'interno del Tempio". La scala grafica, disegnata in basso al centro dell'elaborato riporta come unità di misura i Palmi Romani, mentre al di sotto troviamo un testo in cui, per punti, l'autore ci fornisce ulteriori dettagli su quello che ha rappresentato. La prima cosa che si nota in questo

⁴¹ Anche se come abbiamo già detto, il disegno è più probabilmente opera del padre Giovan Battista. cfr. cap. 2.1.4

disegno è la presenza di un basamento alto 17 palmi romani con gradoni di collegamento tra il "piano antico di Roma" e la quota del portico. Tutte le parti sezionate appaiono ricche di dettagli costruttivi. Nei commenti troviamo considerazioni tanto sui materiali, quanto sul colore, quanto sulla storia del monumento.

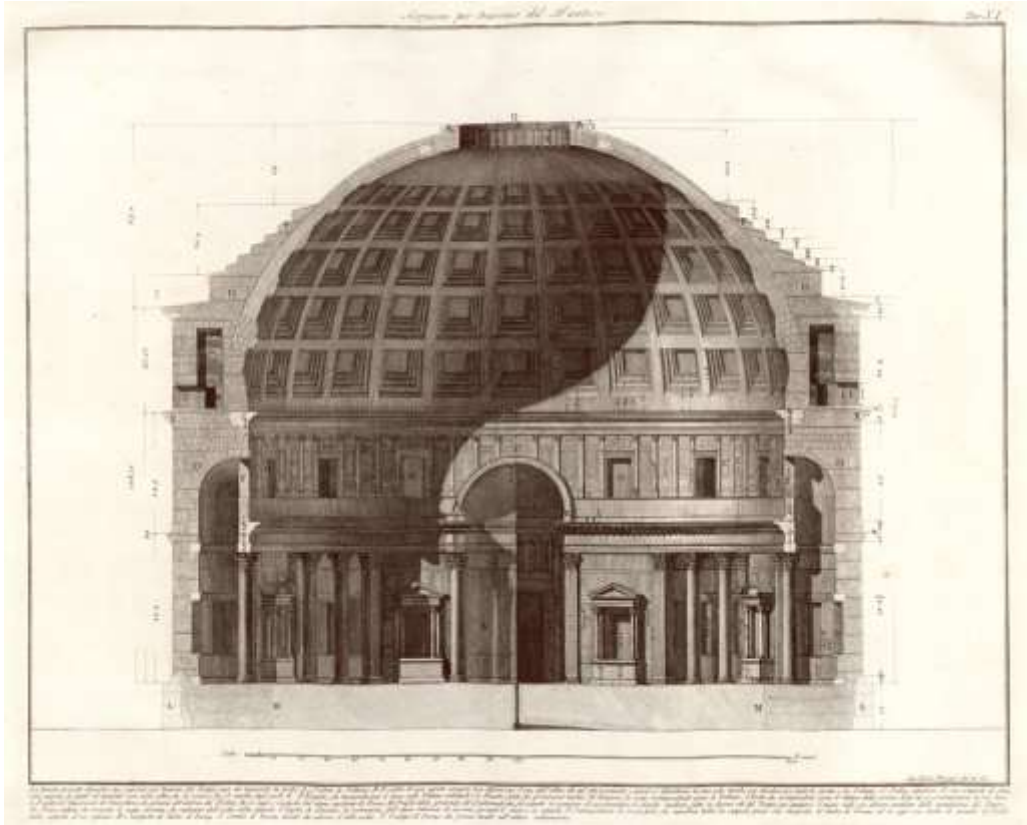


Figura 20 - Sezione trasversale - Piranesi 1756

Per il tracciamento della cupola Piranesi segue un modello teorico del Pantheon in cui il centro della sfera è collocato alla quota della cornice. A proposito dell'attico, di cui si è già detto, occorre ricordare che oltre alle rappresentazioni in sezione Piranesi lo descrive in una tavola di dettaglio, la tavola XII. Per la prima volta Piranesi realizza una tavola dedicata all'attico del Pantheon, di "ricostruzione all'antica" in cui vengono messi in evidenza due dettagli molto discussi, il mancato allineamento tra pilastri e cassettoni e l'interruzione dei pilastri in corrispondenza dell'abside. È ipotizzabile che il disegno di Piranesi avrebbe voluto inserirsi nel dibattito sull'attico del Pantheon, proprio nel momento in cui si stava lavorando alla sua demolizione, ma egli avesse preferito

non pubblicarlo immediatamente⁴².

Come già nei disegni di Desgodets, la sezione trasversale, tavola XI, mostra sia il lato nord d'ingresso, sia il lato sud dell'altare (Figura 20). Scrive Piranesi: "La tavola presente dimostra due sezioni per traverso del Tempio, una che riguarda la porta A e l'altra la Tribuna. B di contro queste sezioni non differiscono l'una dall'altra che nel sito accennato, e perciò si dimostrano in una sola tavola, con dividere per metà la porta e la Tribuna". Come per la sezione longitudinale, molta rilevanza ha il dato costruttivo. Piranesi ipotizza un sistema di archi di scarico, una nervatura in mattoni, all'interno del conglomerato della cupola. In entrambe le sezioni se ne vedono le tracce, mentre nella tavola XXVIII uno schema. Ma solo nella sezione trasversale troviamo una precisa indicazione del sistema di fondazione. Piranesi rappresenta una fondazione perimetrale, di cui disegna lo spessore che riveste all'esterno con un muro in travertino di cui però non esistono evidenze archeologiche.

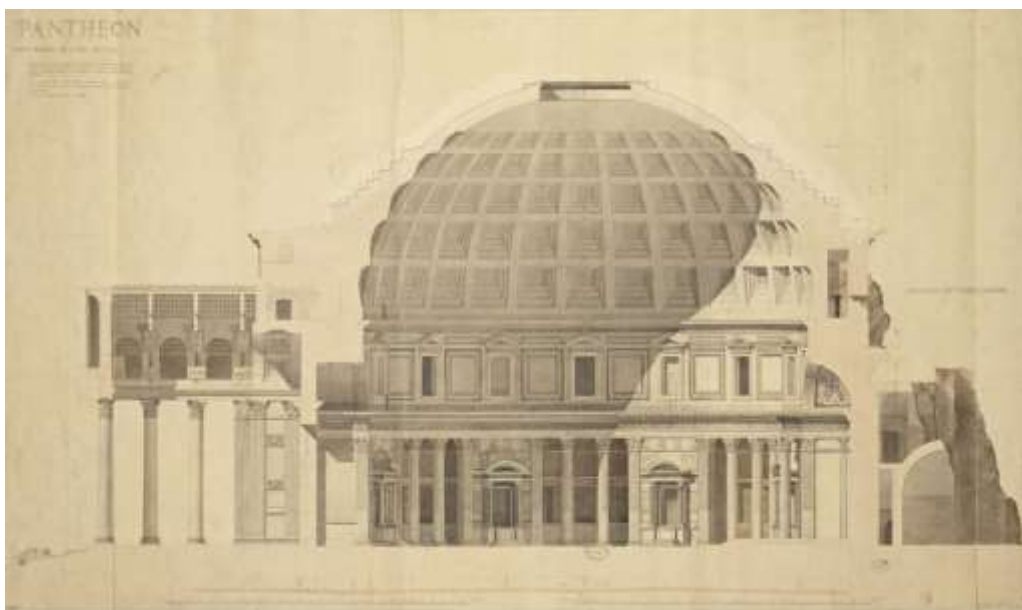


Figura 21 - Sezione longitudinale - Leclère 1813

La sezione longitudinale realizzata da Leclère, *Coupe generale de l'etat actuel*, Env. 9-05 (Figura 21), ha le dimensioni di 101 x 144 cm ed è disegnata a penna ed acquerello su carta incollata su tela. In basso a destra è firmata dall'autore, mentre in alto a sinistra una breve descrizione riporta che la volta è ricoperta da

⁴² Pasquali 2008, pp.111–122.

un intonaco moderno e l'attico è stato nuovamente decorato sotto Benedetto XIV. In basso si trova la scala sia in metri sia in piedi e toise. Una linea d'ombra molto netta taglia il disegno con un angolo di circa 50° evidenziando soprattutto pieni e vuoti sul lato sud del tempio. Come nel caso di Desgodets anche Leclère rappresenta in vista diretta il lato est dell'edificio e la parte sezionata è lasciata volutamente in bianco senza dare alcuna interpretazione strutturale o costruttiva. Anche la linea di terra, continua, rappresenta il limite inferiore del disegno nascondendo qualunque descrizione del sistema di fondazione. Al contrario, è evidente la ricerca dei materiali e dello stato di conservazione del monumento, già manifesta nelle piante. Tutte le informazioni sulla superficie, sui colori e la trama dei materiali, sono esplicitate attraverso l'uso dell'acquerello. Sono rappresentate l'usura dei capitelli sulle colonne esterne ed i segni delle grappe sugli elementi strutturali del portico, dove Leclère conduce studi approfonditi.

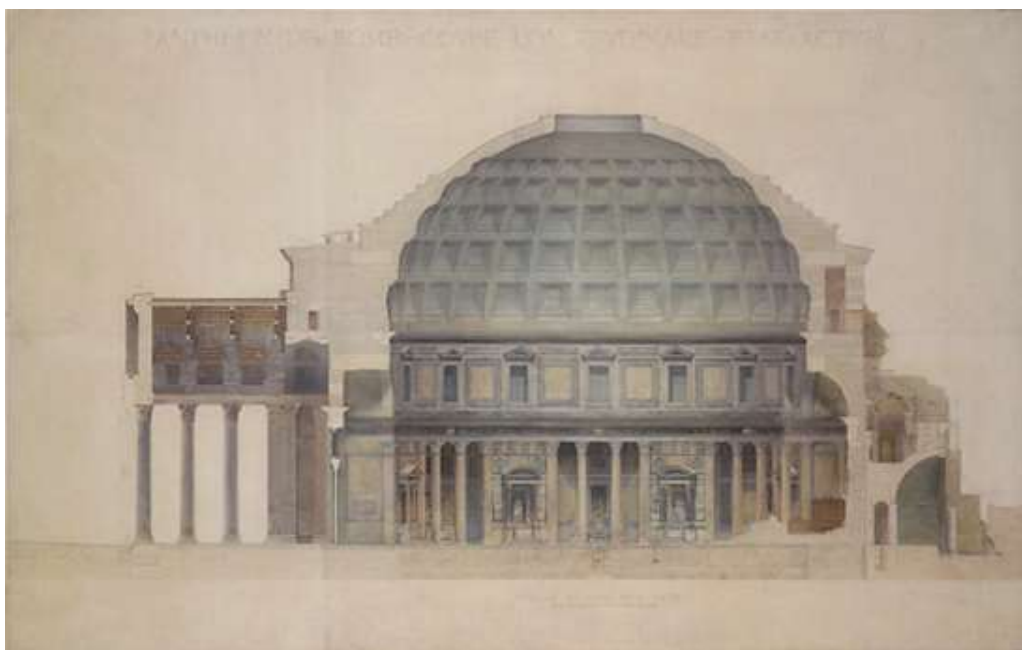


Figura 22 - Sezione longitudinale - Chedanne 1892

La ricchezza della sezione longitudinale di Chedanne (Figura 22), un foglio delle dimensioni 104 x 165 cm, si fonda sulla completezza del suo disegno. Sebbene egli fosse stato invitato a seguire gli scavi condotti da Beltrami e Armanini, e si fosse interessato agli aspetti strutturali della cupola, nella sua sezione sono

espressi tutti i temi che gli autori precedentemente menzionati avevano tenuti distinti. La policromia dei marmi, già testimoniata da Leclère, assume più espressività grazie ad un uso più ricco dell'acquerello con il quale Chedanne arriva a rappresentare anche tutto l'apparato decorativo interno della chiesa. Ciononostante il disegno resta un disegno "tecnico", ricco di quote e annotazioni, realizzate a penna e a matita in funzione della complessità del fondo al quale si sovrappongono. Le tracce delle imperniature nella copertura del portico, lungamente studiate da Leclère sono qui rappresentate con segni di acquerello chiaroscuro, ma ad esse si aggiungono i segni dei cancelli installati tra le colonne e mai rappresentati in un rilievo. Il segno di sezione è più marcato, ma è al suo interno che Chedanne lavora con grande intuito. Tutte le parti sezionate, siano esse in pietra, in conglomerato cementizio o in mattoni sono caratterizzate con attenzione. Chedanne recupera l'idea di Piranesi di rappresentare la struttura interna della cupola mutandone la forma. Non più grandi arconi di scarico in mattoni a sostenere le spinte della volta, ma una ordinata serie di getti in calcestruzzo con ricorsi di mattoni di collegamento. Lo stesso vale per il sistema di fondazione, Chedanne rappresenta tutto il sottosuolo, noto per via degli scavi di Beltrami e Armanini. Si distinguono due tipi di fondazioni delle colonne del portico, una "a cassoni" per le colonne posteriori e l'altra con *pilae* che poggiano sui resti del precedente portico di Agrippa⁴³. Si nota la fondazione continua ad anello e, sotto al pavimento della chiesa, la sequenza degli strati rinvenuti negli scavi. Discorso analogo vale per la sezione trasversale (Figura 23), un foglio di 105 x 136 cm, ricco di informazioni come il precedente. A differenza di quanto fatto da Desgodets e Piranesi, in questo disegno la scelta è di rappresentare in vista diretta il lato sud del Pantheon, con l'altare e gli apparati decorativi già descritti nel rilievo di Solari del 1754, con i quali è possibile un confronto che mette in evidenza le trasformazioni realizzate in quell'area.

⁴³ cfr. cap 1.1.3

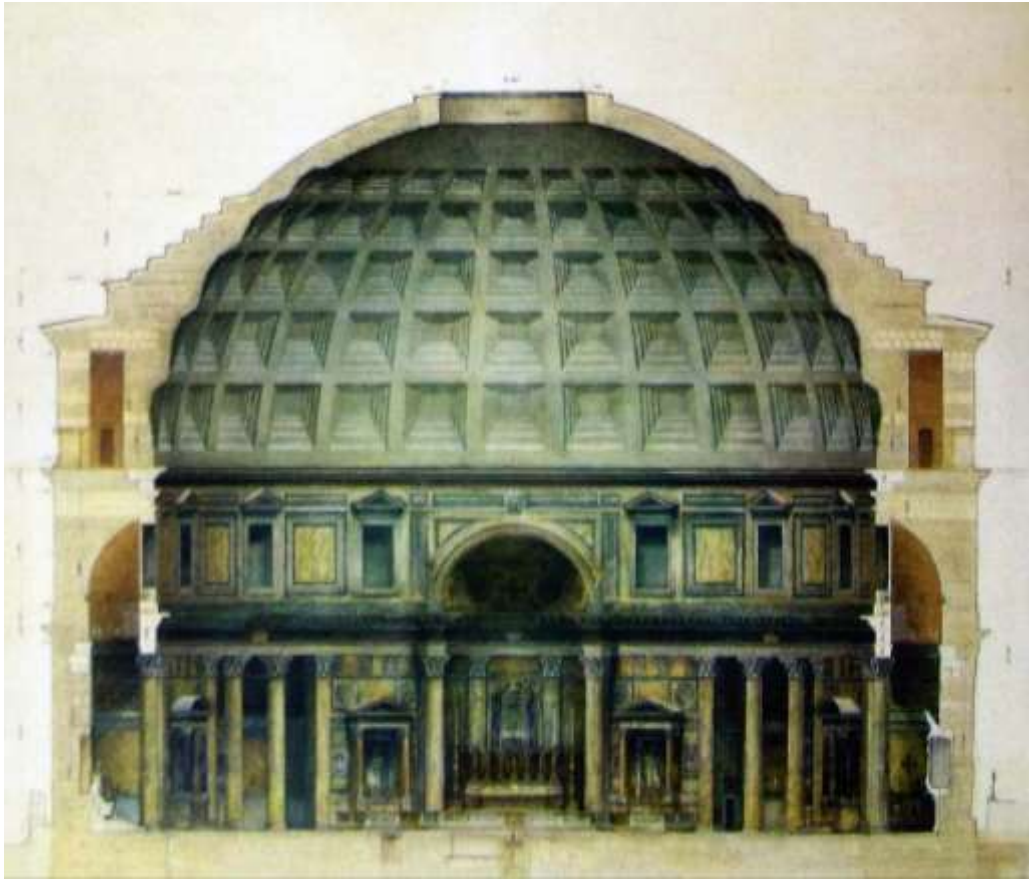


Figura 23 - Sezione trasversale - Chedanne 1892

3.3 I prospetti.

Come per le piante e le sezioni il disegno dei prospetti riflette scelte, impostazioni e obiettivi dell'autore nell'elaborazione del rilievo. La particolarità dei prospetti però offre due elementi di valutazione aggiuntivi rispetto a quanto visto fino ad ora: il rapporto con il contesto e lo stato di manutenzione della chiesa.

Tra la prima versione del disegno di prospetto realizzata da Desgodets nel suo primo manoscritto⁴⁴ e la versione incisa e pubblicata nel 1771 compaiono molte differenze, sia nella quantità di dettagli (Figura 24), ma soprattutto nelle proporzioni. Il portico della versione a stampa ha colonne più alte che portano la trabeazione ad una quota superiore. Al contrario l'ultima cornice del corpo circolare e il secondo frontone triangolare si spostano verso il basso. I capitelli, le basi e le modanature, disegnati schematicamente nella prima versione, acquistano maggiore dettaglio nella III Tavola della versione a stampa. Il portico si arricchisce degli elementi del pronao, mentre ombre proprie e portate sono gestite attraverso l'uso del tratteggio orizzontale, verticale o incrociato. Il Pantheon si presenta isolato, non vi è traccia delle costruzioni addossate, Desgodets cancella i palazzi addossati sul lato est così come cancella i due campanili di Borromini e Maderno. Il portico è sollevato su due scalini rispetto alla quota della piazza antistante. Nonostante Desgodets voglia testimoniare lo stato di conservazione del monumento, scrivendo a proposito del frontone triangolare superiore che si tratta di un elemento molto rovinato⁴⁵, il disegno è assolutamente privo di qualunque segno di degrado, ed il Pantheon è rappresentato nella sua forma ideale, perfettamente conservato. Gli unici segni delle sue innumerevoli trasformazioni sono nel timpano dove decine di segni testimoniano la presenza dei fori per le grappe, per le quali Desgodets ipotizza la presenza di un bassorilievo in bronzo.

⁴⁴ Desgodets 1676-77

⁴⁵ "ruiné et déplaît a quelques-une" Desgodets 1771, p.5.

Oltre al prospetto nord, tra i disegni di Desgodets troviamo il prospetto ovest, l'unico libero da costruzioni addossate (Figura 25). Di particolare interesse questo disegno riporta il proporzionamento del Pantheon secondo il modulo che Desgodets ha identificato nel semi-diametro all'imoscapo delle colonne. Per il trattamento delle superfici, delle ombre proprie e portate, il disegno è simile al prospetto nord: le pietre ed i mattoni sono disegnate nel perfetto stato "antico"; le ombre sottolineano la curvatura; e la luce proviene dall'angolo in alto a sinistra del foglio. L'elemento più evidente ma altrettanto importante è il totale isolamento del Pantheon, non solo rispetto alle costruzioni moderne, ma anche agli edifici delle terme di Agrippa sul lato sud. Questa omissione è dichiarata dall'autore nelle prime pagine del testo che accompagna il rilievo, motivata dall'impossibilità di accedere a quelle strutture perché inserite in abitazioni private⁴⁶.

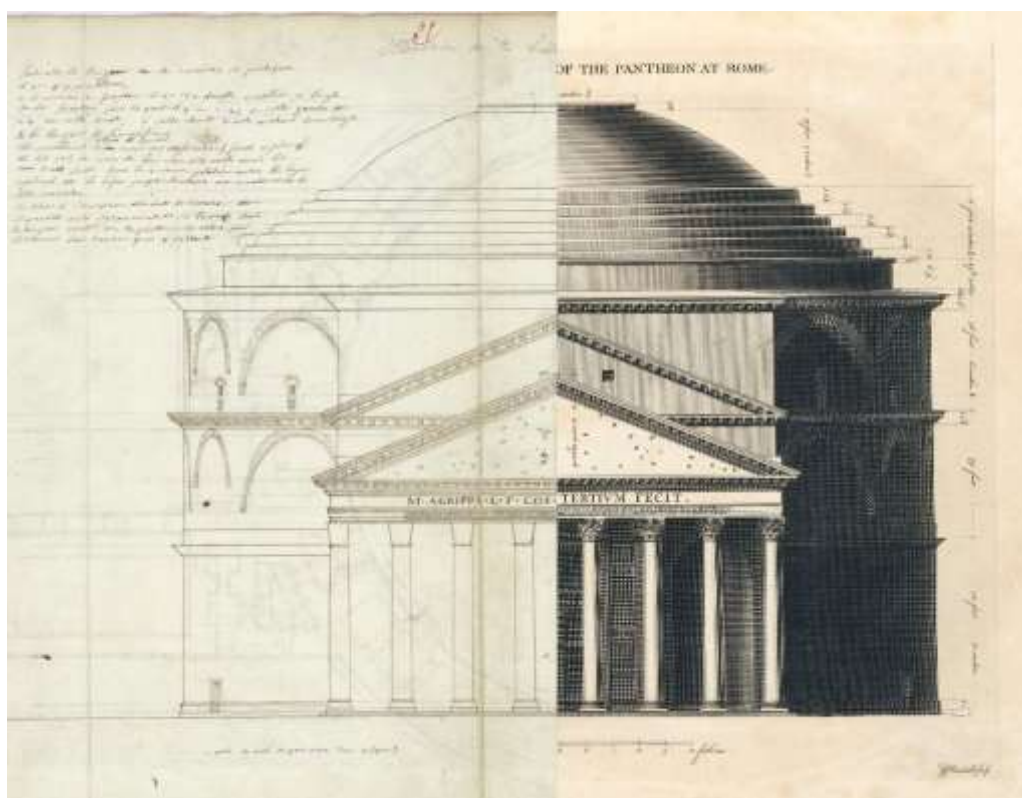


Figura 24 - Confronto tra le due versioni del prospetto nord - Desgodets 1676 -1682

⁴⁶ "Derriere ce Temple il y a des ruines d'un autre edifice, que l'ont tient estre des Thermes d'Agrippa & mesme il y a en-core des arrachemens au mur vers le bas du Temple ; je ne les ay point dessinez, parce qu'ils sont enfermez dans de maisons particulieres où l'on n'entre point, & j'ay fait le Temple comme estant isolé, parce qu'il l'est par le haut." Desgodets 1771, p.3.

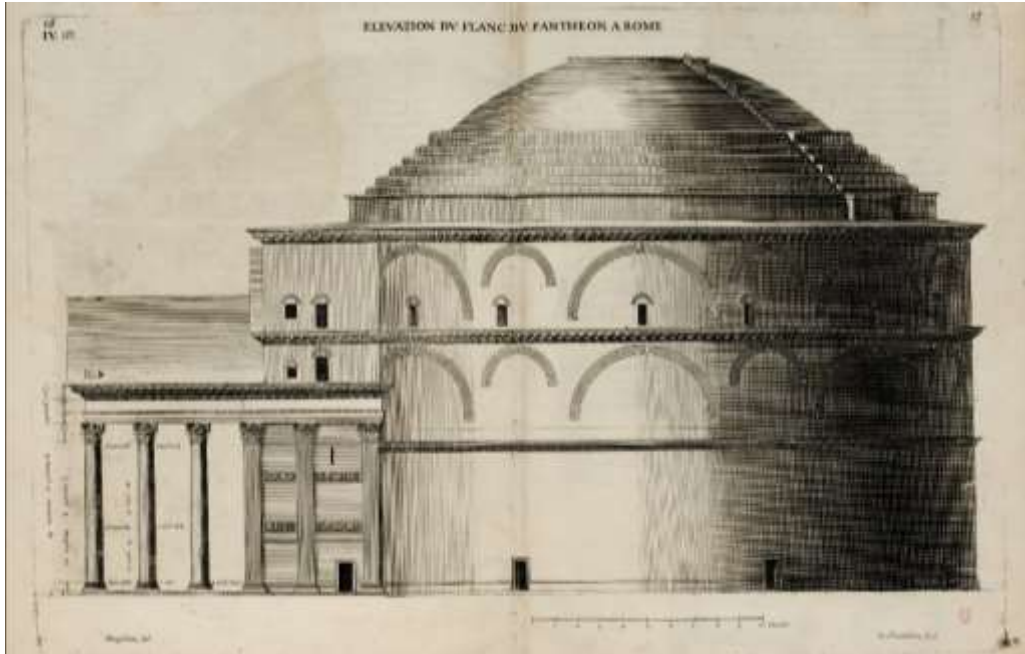


Figura 25 - Prospetto ovest - Desgodets 1682

Per il concorso Clementino del 1754 sia Bonaventura Solari sia Giuseppe Annibaldi realizzano e consegnano un prospetto del Pantheon. Gli architetti italiani sono chiamati a disegnare la chiesa di S. Maria ad Martyres e quindi per la prima volta troviamo una rappresentazione in prospetto dei campanili realizzati sotto il pontificato di Urbano VIII. Come tutte le altre tavole del concorso si tratta di disegni a matita su fogli di grandi dimensioni (60 x 80 cm). Il colore dato ad acquerello permette la lettura della curvatura mentre una luce proviene da est e proietta forti ombre soprattutto sul portico. Sono ancora visibili le linee di costruzione e, fatta eccezione per delle proporzioni leggermente differenti e alcuni dettagli di poco conto, i disegni sono molti simili (Figura 26). Entrambi gli autori disegnano un Pantheon isolato dal contesto, in perfetto stato di conservazione, senza alcuna traccia dei fori per le grappe sul frontone evidenziate da Desgodets. Il portico è sollevato su due gradini, tre nel caso di Solari. Entrambi i prospetti poggiano su di una linea continua, sottile e orizzontale, e gli edifici tutto intorno sono del tutto assenti.

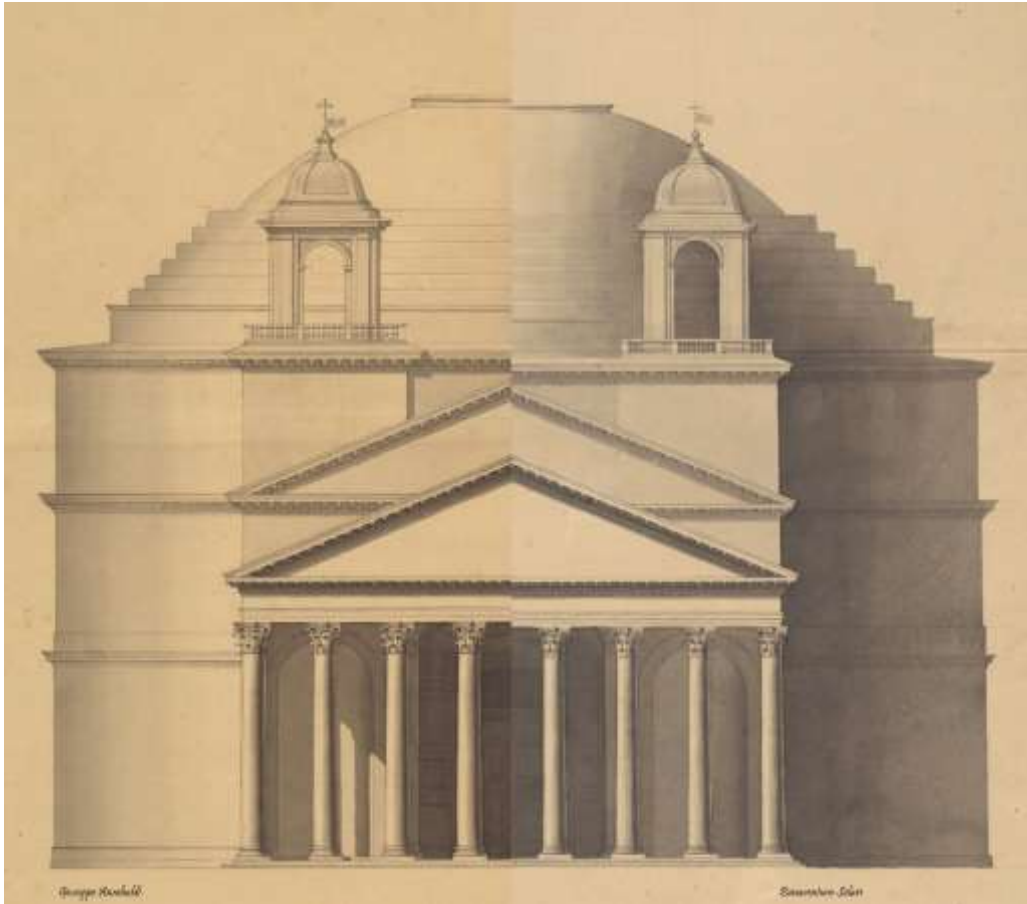


Figura 26 Prospetto nord nelle due versioni di Annibaldi (destra) e Solari (sinistra) - 1754

Il "*Prospetto dello stato pres.te del Pantheon [...]*" che Giovan Battista Piranesi inserisce nella V tavola pubblicata nel 1790 dal figlio Francesco, va letto in relazione con la VI tavola che propone la ricostruzione del prospetto antico⁴⁷. Nel testo che accompagna l'elaborato più volte si fa riferimento a tracce di elementi architettonici mancanti o sostituiti, che verranno poi disegnati nella tavola successiva. Un dato interessante riguarda i campanili di Borromini e Maderno: mentre Desgodets ne aveva ommesso qualunque descrizione, Piranesi ne ricorda la presenza nel titolo che recita: "*[...] senza i Campanili Moderni*" e questo appare anche collegato alle altre rappresentazioni, le vedute della piazza della Rotonda, in cui egli disegna i campanili e tanti altri dettagli, ma che non verranno inserite in questa raccolta di disegni (Figura 27).

⁴⁷ "*Prospetto del Pantheon supplito dei suoi ornamenti*", Piranesi 1790.



Figura 27 - Veduta del Pantheon di Agrippa - G.B. Piranesi 1741-1748 - Questo disegno, che riporta la presenza dei campanili, se confrontato con i prospetti che seguono, ci mostra la dicotomia, voluta dall'autore, tra le vedute e i rilievi in pianta prospetto e sezione.

In ogni caso anche nella tavola V, il prospetto nord, vi è una grande ricchezza di dettagli. Si testimoniano sia il degrado della muratura, rappresentato da ampie zone scure, sia i segni delle grappe mancanti. Ancora una volta nei disegni di Piranesi troviamo un'attenzione ai materiali della costruzione, si leggono chiaramente i mattoni e soprattutto i ricorsi orizzontali di bipedali. I blocchi di pietra del timpano mostrano le venature del travertino. Al contrario di quanto disegnato da Desgodets, Solari e Annibaldi, il prospetto è illuminato da ovest, e vi troviamo numerose quote lineari e una descrizione puntuale accompagnata da lettere che indicano alcuni dettagli (Figura 28).

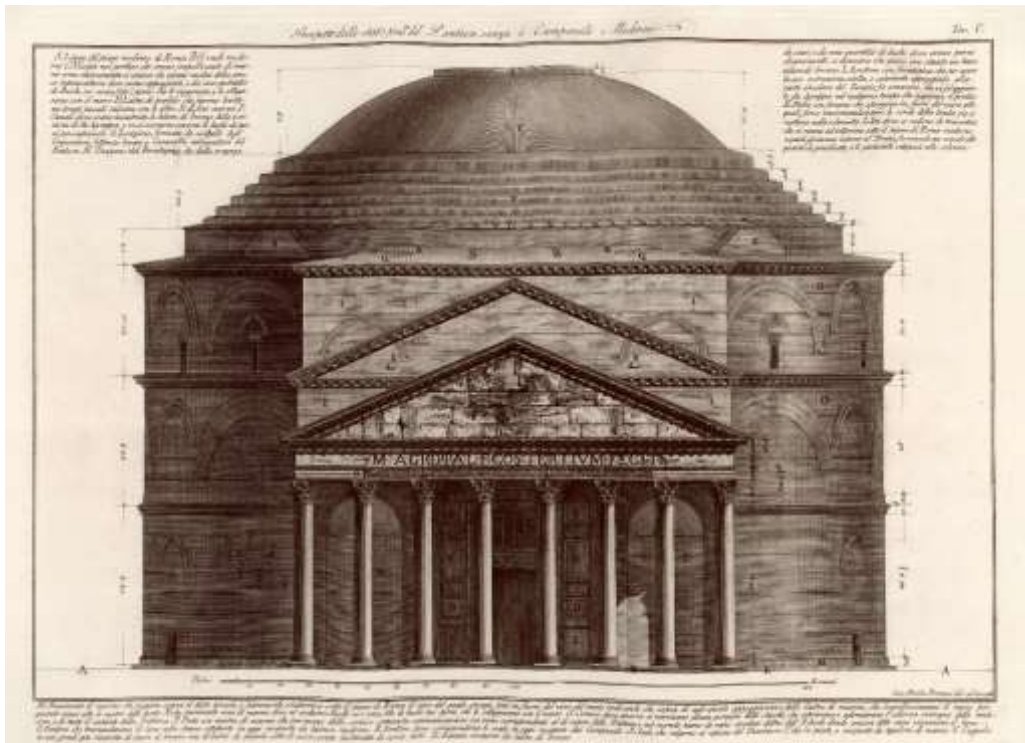


Figura 28 - Prospetto nord - G.B. Piranesi 1756

Oltre al prospetto nord, Piranesi realizza sia il prospetto ovest sia quello sud con caratteristiche e finalità molto diverse. Il primo è un disegno a metà tra la ricostruzione e il rilievo, il secondo è uno studio delle rovine del lato sud con particolare riferimento al loro rapporto con il Pantheon.

Il prospetto ovest (Figura 29) mostra il Pantheon su un alto basamento, lo stesso che era stato ipotizzato nella ricostruzione nella tavola VI. Tutta la muratura è in perfetto stato, i segni del degrado, così evidenti nel prospetto principale qui non sono riportati, mentre, in linea con gli altri disegni, i travertini e i marmi di colonne, paraste e capitelli sono perfettamente ricostruiti. L'elemento che Piranesi vuol evidenziare in questo disegno sono le terme di Agrippa, qui vengono caratterizzate le superfici con macchie più scure, si riportano i segni di crollo sulle parti terminali dei muri, tutto in preparazione della tavola successiva, quel prospetto sud in cui studierà il rapporto tra i due edifici.

Nel riportare sulla tavola VIII il prospetto sud (Figura 29), Piranesi osserva attentamente le murature e formula ipotesi in funzione del rapporto tra quelle delle terme e quelle del Pantheon. Alla quota del primo livello le terme si addossano al perimetro esistente, in corrispondenza del secondo e terzo livello

alcune strutture sono ammorzate nella rotonda. Da questo Piranesi deduce che vi fosse, prima della costruzione delle terme, un altro edificio di maggiore altezza di cui si conservano solo le strutture ammorzate nel Pantheon.

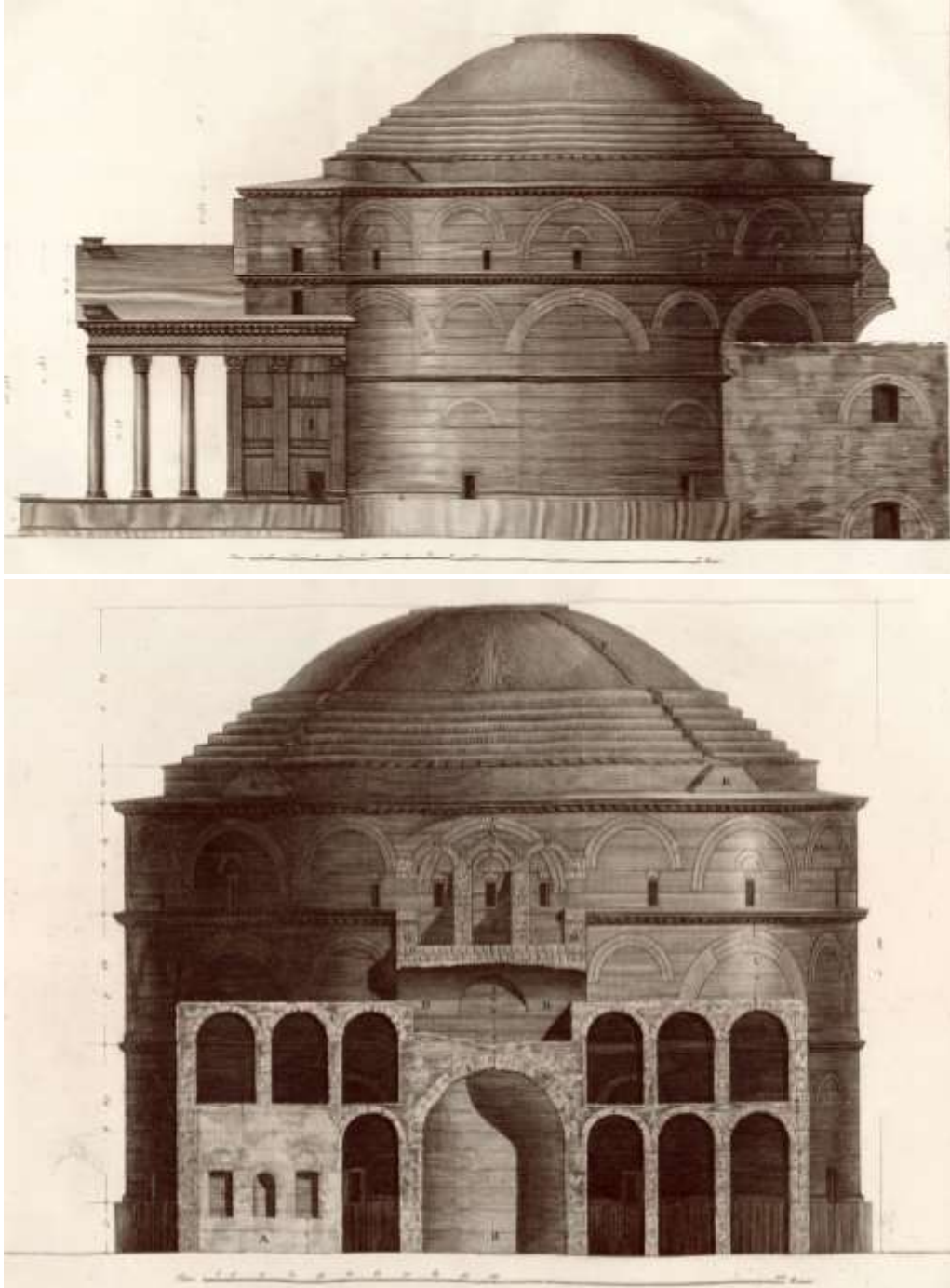


Figura 29 Prospetto ovest e sud - G.B. Piranesi 1756



Figura 30 - Prospetto nord e ovest - Leclère 1813

I prospetti nord e ovest realizzati da Achille Leclère circa cinquant'anni dopo il lavoro di Piranesi dimostrano un cambiamento radicale negli obiettivi e nei contenuti della rappresentazione dell'architettura antica (Figura 30). Gli architetti *pensionnaires* dell'Académie de Rome si interessano al monumento con le stesse domande poste in passato da Desgodets e Piranesi, ma disegnano e documentano

il Pantheon in maniera profondamente diversa. Tutte le annotazioni i testi a margine che aiutavano Desgodets a descrivere lo stato di rovina del timpano diventano misura, rilievo, segno e colore. Anche quando accompagnato da testo, come Leclère fa abbondantemente nelle sue tavole, il disegno è una "fotografia" dello stato di conservazione del monumento al 1812-13. Sicuramente perfettibile dal punto di vista metrico e geometrico, certamente influenzato da alcuni disegni del passato tanto da omettere i due campanili, i prospetti di Leclère sono un prezioso esempio di documentazione. Sul prospetto nord⁴⁸, lacune e fratture nella muratura, presenti al momento del rilievo ci consentono, grazie al confronto con lo stato attuale e la documentazione storica, lo studio dei successivi interventi di restauro. L'accuratezza nella rappresentazione dei fori delle grappe testimonia uno studio particolarmente dettagliato del portico, a cui Leclère dedica interi elaborati. Non si disegna solo l'antico, non vi è una selezione "temporale" dei segni, bensì si evidenziano gli interventi di restauro realizzati sotto i papi Alessandro VII e Urbano VIII. I restauri sono indicati in una didascalia e disegnati con un altro tipo di tratto, più deciso, colorati con una tinta di acquerello più leggera affinché risaltino sul fondo più scuro. A tutto questo Leclère aggiunge altri tre elementi trascurati da tutti fino a questo momento: riporta i risultati dei più recenti scavi archeologici⁴⁹, testimonia la presenza di strutture addossate al Pantheon nel lato est e per la prima volta in un disegno di rilievo troviamo il secondo frontone triangolare incompleto⁵⁰. Fino a questo momento, nei disegni di prospetto, tutti gli architetti avevano "ricostruito" l'immagine del secondo frontone, che rimarrà incompleto fino agli interventi dell'arch. Alberto Terenzio nei primi anni Trenta del Novecento⁵¹.

Il prospetto ovest⁵² conserva sia la qualità dei contenuti sia le modalità di rappresentazione. Accanto al valore documentale dello stato di conservazione del monumento il contributo essenziale che fornisce risiede in due particolari: le quote altimetriche del Pantheon e della città e il dettaglio degli ordini nel pronao. Per la prima volta viene testimoniato il salto di quota tra il Pantheon e la città intorno. Leclère disegna una linea di colore rosso per visualizzare sul prospetto l'andamento di via della Rotonda e il rapporto del portico con la piazza antistante. Il disegno delle paraste del pronao e la sua trabeazione è ancora più importante.

⁴⁸ Leclère, Env-03

⁴⁹ Si tratta degli scavi di Valadier e Fea (cfr. 3.1.4)

⁵⁰ La rappresentazione dell'avancorpo e del frontone risentiva della presenza dei campanili moderni e ogni autore ne ha data un'interpretazione differente. Una rappresentazione fedele allo stato di fatto si trova nelle vedute alcune delle quali citate nel primo capitolo (cfr. 1. 2.2).

⁵¹ Crucianelli 2007, p. 33.

⁵² Leclère, Env-04

fino a questo momento non avevamo alcuna traccia di come questi elementi si fossero conservati. Leclère riporta esattamente tutte le parti mancanti della trabeazione mettendole in evidenza grazie ad un sapiente uso delle ombre. Per le paraste e le lastre di rivestimento del pronao sceglie di dettagliare fratture, mancanze, fori per le grappe, quotando tutto con grande dovizia di particolari. Da sottolineare anche la scelta, in linea con la seconda tavola⁵³, di rappresentare la copertura del portico omettendo le prime due file di tegole, dando contezza del lavoro che Leclère aveva fatto svolgere per studiare il frontone triangolare e la sua struttura.

I prospetti nord e ovest che George Chedanne consegna per il proprio *Envoi* di quarto anno rappresentano un'ulteriore fase della storia della rappresentazione di questo monumento (Figura 31-32). Chedanne è particolarmente interessato alla comprensione della storia del monumento, segue gli scavi di Beltrami e Armanini, ma è e resta espressione dello stile dell'*Académie des Beaux Arts*. I suoi disegni saranno esposti e premiati in tutta Europa per le loro caratteristiche, tra le quali si percepisce da subito una forte espressività (cfr. 2.1.6). Chedanne usa l'acquerello con grande varietà nella sua tavolozza di colori che spazia nei toni del verde, come le acquamarina del pronao, del rosso di alcuni mattoni e del blu. Pertanto il disegno risulta molto espressivo ma il colore, il più delle volte, sovrasta le altre informazioni.



Figura 31 - Prospetto nord - Chedanne 1892

⁵³ La pianta all'altezza della cornice, (cfr. 3.1.4)

I prospetti di Chedanne offrono una lettura dello stato del monumento al 1892, ciononostante anche in questo caso i campanili moderni, che verranno demoliti nel 1894, non sono rappresentati. Come per gli altri prospetti qui analizzati si pone particolare attenzione allo stato di conservazione del monumento e il rapporto con il contesto, anche se nei disegni di Chedanne il dato della documentazione dello scavo archeologico condotto da Beltrami e Armanini assume un valore fondamentale. Inoltre in questo caso specifico il confronto con gli elaborati di Leclère ci consente di valutare gli sviluppi dello studio del monumento tenendo conto sia degli scavi, sia dei degradi, sia dei restauri e degli interventi intercorsi nei settant'anni trascorsi tra i due disegni.



Figura 32 - Prospetto ovest - Chedanne 1892

Nel prospetto nord Chedanne inserisce tutte le nuove informazioni raccolte durante gli scavi. Le fondazioni del portico, il sistema di smaltimento delle acque, tutti perfettamente disegnati, quotati, con una gran chiarezza ed un uso del colore che in rapporto con la muratura della rotonda potremmo definire "leggero". Nel prospetto ovest lo scavo è ancor più evidente. Chedanne disegna il podio, la cloaca e la scala adrianea sul fronte, mentre sul fianco del portico dettaglia i blocchi di travertino, bugnati fino ad una certa quota, tutti perfettamente quotati. Risulta evidente che tra gli obiettivi di questo disegno vi è quello di dimostrare

la comprensione e la scoperta di questo sistema di fondazione per sostenere la tesi che sotto l'imperatore Adriano si siano riusati come fondazioni i resti del precedente tempio agrippiano.

L'attenzione posta da Chedanne verso lo studio del corpo di fabbrica del portico e del pronao è leggibile anche nel disegno del prospetto nord. Là dove Leclère aveva disegnato una muratura non caratterizzata, Chedanne inserisce buche puntaie, mancanze nel paramento murario, e altri elementi architettonici come gli infissi nelle finestre sopra il timpano. Al contrario guardando al frontone triangolare appare chiaro che lo studio condotto da Leclère era più approfondito, con quote per ogni concio ed una maggior definizione del dettaglio.

Per quanto riguarda il rapporto con il contesto, per la prima volta in un rilievo di questo tipo vediamo comparire gli edifici, la città intorno, le quote altimetriche delle vie circostanti⁵⁴. Nel prospetto nord il monumento è disegnato all'interno di un recinto, circondato da una balaustra metallica. Cambia dunque il modo di guardare al rilievo dell'architettura antica, ed è singolare che il monumento venga inserito nella realtà che lo circonda solamente dopo la sua "liberazione" dagli edifici addossati.

Il disegno di una parte del prospetto ovest realizzato da Pier Olinto Armanini è in effetti un elaborato difficilmente paragonabile a quello degli altri autori (Figura 33). Si tratta di uno sviluppo del prospetto, ma la rappresentazione è parziale. L'autore sta seguendo gli scavi archeologici ed i saggi sulla muratura, studia in particolare il rapporto tra le quote interne ed esterne del Pantheon e della piazza. Nel suo prospetto, oltre ad una rappresentazione attenta della muratura con i ricorsi di bipedali perfettamente quotati, troviamo i riferimenti alle fondazioni della rotonda, oggetto di scavo sia all'esterno sia all'interno, in cui sono evidenziati i travertini di fondazione della piazza adrianea.

⁵⁴ Se è vero che molteplici sono le "vedute" del Pantheon e della piazza della Rotonda, alcune delle quali sono state citate nel capitolo 1, quando gli architetti sono chiamati a rilevare il monumento il contesto scompare e l'oggetto appare isolato e idealizzato.

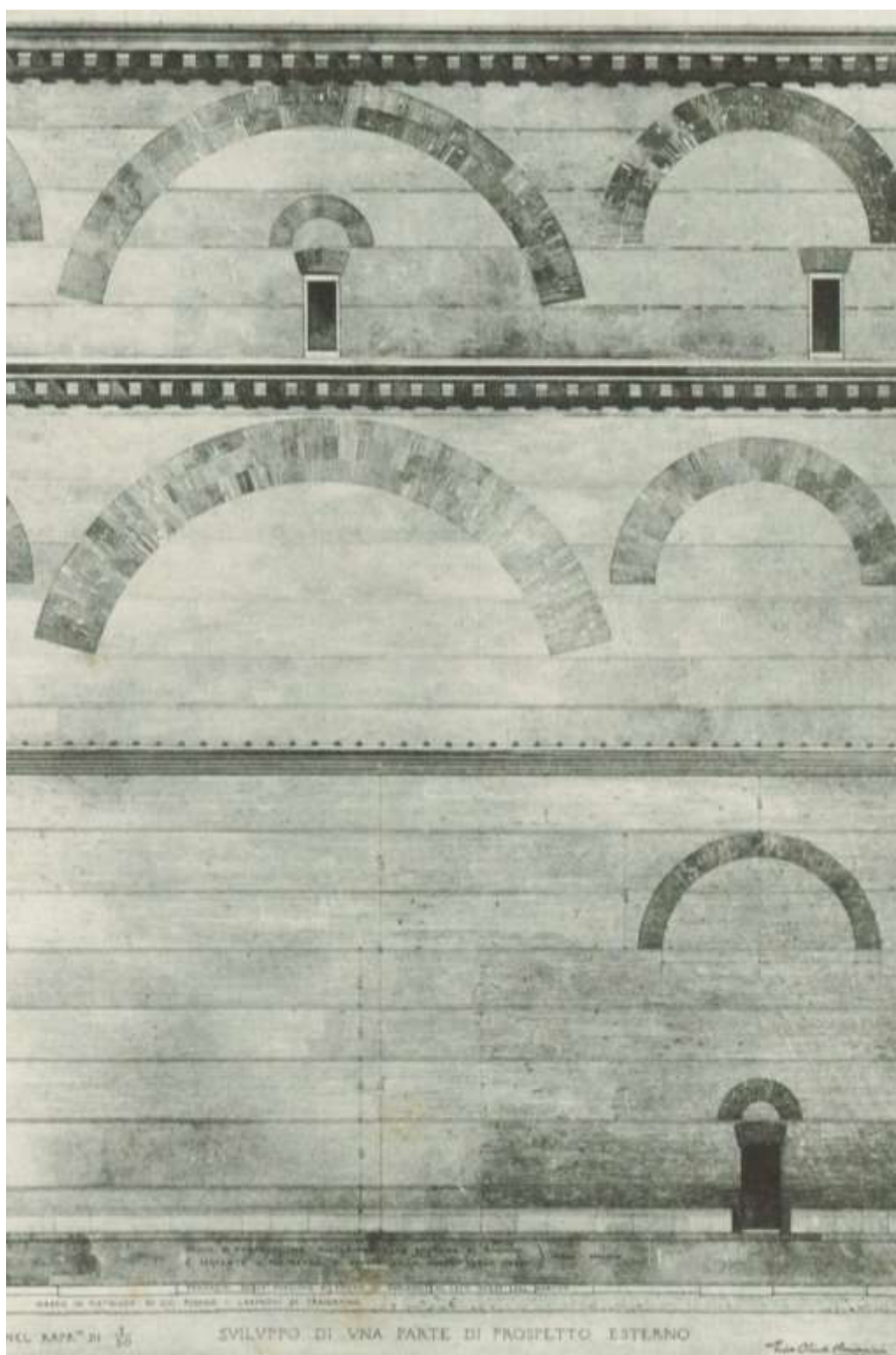


Figura 33 - Sviluppo di una parte del prospetto esterno - Armanini 1892

3.4 Ordini e dettagli architettonici.

La maggior parte degli autori citati fino ad ora ha prodotto disegni di dettaglio di ordini, modanature, capitelli, colonne, ecc. ecc. Il metodo scelto per lo studio di questi elaborati prevede un'analisi quantitativa e qualitativa per analizzare le variazioni sull'interpretazione del tema degli ordini classici tra le diverse accademie.

Il rilievo di dettaglio occupa una porzione molto rilevante del lavoro di Desgodets, come già ricordato la sua missione è quella di misurare esattamente l'architettura antica e il tema degli ordini e soprattutto delle proporzioni assume un ruolo centrale tanto da spingerlo ad usare due sistemi di quotatura uno in *piéd de Roi et pouces* ed uno in "moduli". Il modulo individuato da Desgodets è basato sul diametro delle colonne, pertanto non è univoco ma cambia insieme al diametro di riferimento. La misura che Desgodets effettua delle colonne all'esterno restituisce un diametro di 4 piedi e 6 pollici, all'interno 3 piedi e 5 pollici e negli altari di 1 piede 4 pollici e 1/2. Il modulo, impostato su base sessagesimale, varia dunque tra 1,85 cm, 2,44 cm e 0,72 cm a testimonianza di come Desgodets fosse interessato a studiare le proporzioni tra le parti e non solamente le misure. Le tavole di dettaglio, ben 16 su un totale di 24, raccolgono le diverse parti del monumento e sono impaginate accoppiando piante e prospetti o piante e sezioni in funzione del modulo. Il risultato sono tre gruppi di tavole: dell'esterno, dell'interno (Figura 34) e degli altari. Ognuno di questi gruppi contiene: le colonne con la loro trabeazione e la base; le paraste; le cornici e alcuni elementi decorativi. Importanti sono i commenti a corollario delle tavole dell'ordine interno. Desgodets trova inaccettabile che le colonne poggino sul pavimento con un plinto di dimensioni così ridotte e ne deduce che il pavimento sia stato rialzato⁵⁵. Insieme a queste considerazioni analizza nel dettaglio i disegni di Palladio e Serlio ponendo un grande accento su quelli che identifica come errori, mettendo in evidenza le differenze con quanto egli stesso ha rilevato.

⁵⁵ Desgodets 1771, p. 21.



Figura 34 - Dettagli dell'ordine interno - Desgodets 1682

Le tavole di dettaglio realizzate da Piranesi sono altrettanto numerose di quelle di Desgodets ma differiscono in alcuni aspetti. Troviamo differenze sia nella misura, sia nelle proporzioni degli elementi, oltre che ovviamente nell'unità di misura. Su tutti gli elaborati di Piranesi è presente una scala grafica in palmi romani assente nelle tavole di Desgodets. Anche il modo di quotare l'architettura è differente, Desgodets individua l'asse della colonna e indica la distanza dall'asse in moduli, Piranesi sceglie invece un metodo più vicino alle operazioni di rilievo: le quote partono da una linea verticale esterna alla colonna posizionata come quando si effettuano le misure con un filo a piombo.

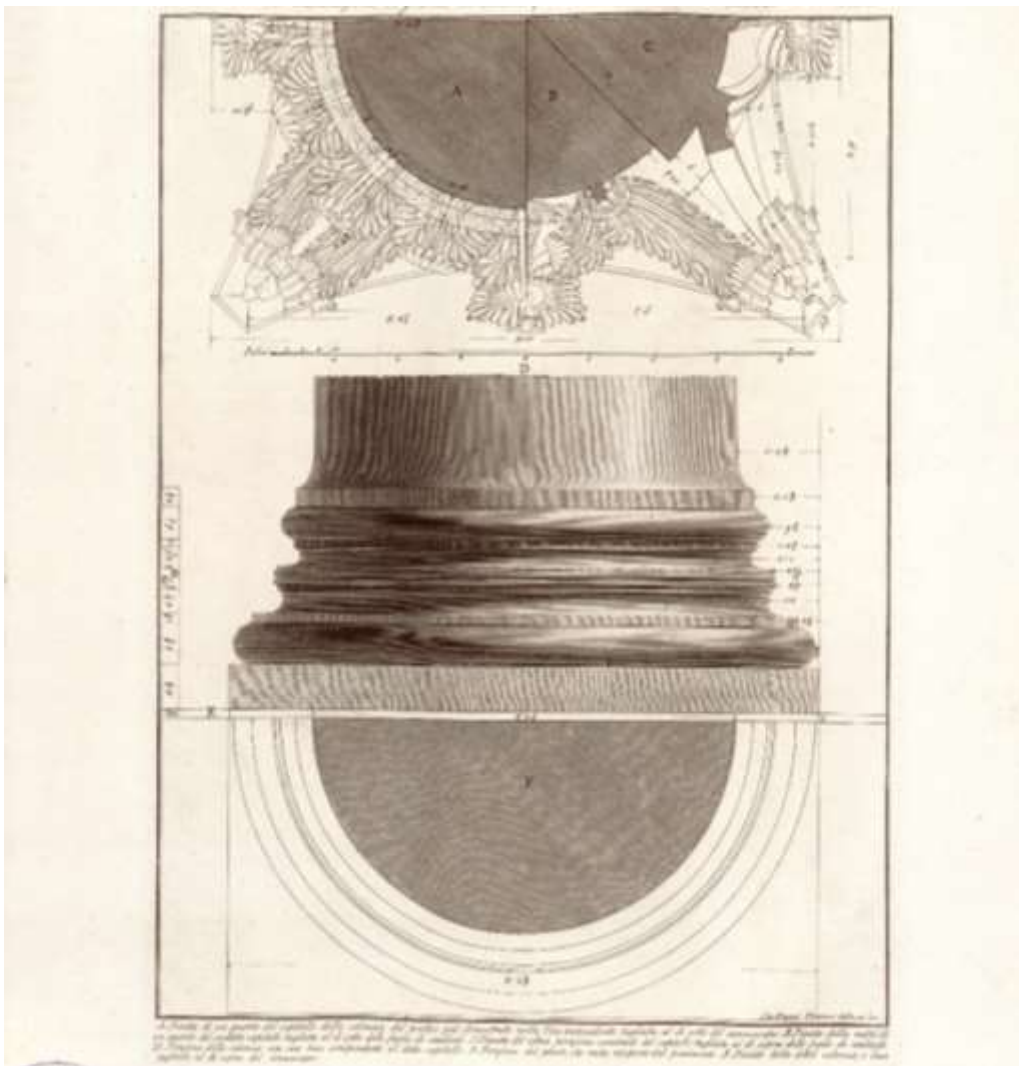


Figura 35 - Dettagli della colonna del portico - Piranesi 1756

Il lavoro di Leclère sui dettagli del Pantheon è esemplificativo della tradizione dell'*Académie des Beaux-Arts*. Tutti i *pensionnaire* erano chiamati a rilevare e disegnare gli elementi dell'architettura antica, i loro quaderni erano pieni di capitelli, trabeazioni, modanature. Delle 19 tavole che egli consegna nel suo *Envois* ben 9 sono tavole di dettaglio in cui piante prospetti e sezioni sono accoppiati seguendo il metodo delle proiezioni ortogonali. Le grandi tavole, 140 x 100 cm, contengono un disegno principale, la colonna o la trabeazione, che viene rappresentato in prospetto, con le ombre e il colore ad acquerello. Tutto intorno al disegno principale vengono realizzate sezioni, orizzontali o verticali, caratterizzate da una linea continua ed una campitura interna a 45° (Figura 36). Tutti i disegni sono perfettamente quotati in metri, utilizzando il metodo già visto nei disegni di Piranesi, le quote orizzontali sono una trascrizione delle operazioni di rilievo, partono da una linea verticale e misurano la distanza da questa linea. La colonna interna scelta da Leclère è quella in corrispondenza dell'altare, anch'essa scanalata, ma con un dettaglio in più: la decorazione "a punta di lancia" sia al sommoscapo sia all'imoscapo.



Figura 36 - Dettagli della colonna del portico - Leclère 1813

Tra i disegni di Chedanne conservati dell'*Académie des Beaux-Arts* vi è una sola tavola di dettagli di ordini architettonici, che mostra le paraste e le colonne interne (Figura 37). Ciononostante tra i disegni realizzati ed esposti alla mostra del 1895 a Londra vi erano anche altre 8 tavole⁵⁶. A giudicare dai titoli dei disegni mancanti dobbiamo immaginare che egli avesse rappresentato tutti gli elementi architettonici come prima di lui aveva già fatto Leclère. Il tipo di rappresentazione si evolve ancora, in questo caso il disegno è un prospetto, che mostra la parte alta e quella bassa di paraste e colonne. In evidenza vi sono i capitelli e le basi, entrambe con una porzione del fusto scanalato, acquerellate, con grande enfasi sui marmi policromi e le ombreggiature. Il dato più rilevante è che in questo disegno non vi sono quote, né scale grafiche. L'unico dato metrico è inserito nel titolo della tavola, che recita "*Détails au V^{ème}*" ovvero in scala 1:5.

Autore	Titolo/Contenuto	unità di misura	Ø colonna portico	Ø colonna interna
Desgodets	<i>Pl. IX Du portique du Panthéon à Rome.</i>	<i>Pieds, pouces</i>	4 piedi e 6 pollici (1,461m)	
	<i>Pl. XV Du dedans du Panthéon à Rome</i>	<i>Pieds, pouces</i>		3 piedi e 5 pollici (1,109m)
Piranesi	Tav. XV Dimostrazione in grande di alcun parti del Portico del Pantheon	Palmi Romani	6 palmi 7 once e 1/5 (1,474m)	
	Tav. X Dimostrazione in grande di alcun parti del primo ordine interiore del Pantheon	Palmi Romani		4 palmi 11 once e 3/5 (1,109m)
Leclère	<i>Env. 9-14 Chapiteau et base des colonnes du portique</i>	Metro	1,486 m	
	<i>Env. 9-17 De l'ordre intérieur</i>	Metro		1,096 m
Chedanne	<i>Env. 82-06 Ordre intérieur, détails au V^{ème}</i>	Metro		1,129m

Confronto dei disegni di dettaglio e misura del diametro delle colonne.

⁵⁶ Loerke 1982, p. 55.



Figura 37 - Dettagli dell'ordine interno - Chedanne 1892

PARTE 2°
IL RILIEVO DELL'ARCHITETTURA ANTICA: NUOVI
METODI E STRUMENTI.

Capitolo 4

METODOLOGIE CONTEMPORANEE DI RILIEVO PER IL RESTAURO E L'ARCHEOLOGIA.



"I molteplici cambiamenti innescati dalla cosiddetta “rivoluzione digitale” hanno profondamente influenzato tutte le discipline della Rappresentazione [...] Il settore del Rilievo [...] ha subito una forte evoluzione che nel futuro prossimo, potrebbe trasformarsi in un vero e proprio salto evolucionistico: un cambiamento così radicale che credo possa portare a definire un Rilievo 2.0.”¹

Questa affermazione, pubblicata da Carlo Bianchini nell'abstract di un recente articolo, evidenzia il momento di transizione che attraversa il settore della Rappresentazione in seguito all'avvento delle nuove strumentazioni per il rilievo. In questo quadro si è cercato di mettere in luce le nuove metodologie per il rilievo dell'architettura, attraverso il racconto del nuovo rilievo del Pantheon.

¹ Bianchini 2014, p.763.

4.1 Il rilievo integrato: il nuovo rilievo del Pantheon.

Il nuovo rilievo del Pantheon è il frutto di una metodologia ben nota che va sotto il nome di "rilevamento integrato"². Si tratta di un metodo che prevede l'uso di più tipologie di rilevamento ottimizzando l'impiego degli strumenti in funzione delle caratteristiche dell'oggetto di studio e degli obiettivi del rilievo. Il rilievo integrato prevede dunque fasi di rilevamento distinte, realizzate con strumenti diversi e integrate grazie all'uso di elementi comuni, mire o *target*, in grado di mettere in relazione acquisizioni differite nel tempo. Il caso del rilievo del Pantheon può essere considerato rappresentativo di questo metodo proprio grazie alle suddette caratteristiche. Lo studio che si presenta si basa sui dati provenienti da una serie di rilievi fotogrammetrici e due distinte campagne di scansione laser³. Ognuna di queste metodologie sarà analizzata singolarmente mostrando strumenti, dati e contenuti. Il concetto di integrazione tra le diverse campagne di rilievo si fa particolarmente interessante in questo caso poiché queste sono avvenute in un arco temporale piuttosto lungo, tra il 2012 e il 2016 e condotte da *équipe* di lavoro composte da persone diverse.

4.2 Il rilievo a scansione laser.

Lo studio si è avvalso della preziosa collezione di dati provenienti da due distinte campagne di rilevamento a scansione laser, la prima effettuata nel 2012 nell'ambito di una tesi dottorale dell'università di Madrid, la seconda realizzata dall'università di Berna all'interno di un progetto denominato "Digital Pantheon Project".

Nell'ambito della tesi di dottorato del 2014 presentata da Licinia Aliberti al Escuela Técnica Superior de Arquitectura dell'Universidad Politécnica de Madrid con la correlazione del prof. Canciani è stata effettuata la prima campagna di rilevamento laser scanner che ha interessato sia l'interno sia l'esterno del monumento⁴. Lo strumento adoperato per la scansione era uno scanner Leica HDS6200 le cui caratteristiche (Tabella 01) hanno suggerito la realizzazione di un progetto di presa composto da cinque scansioni interne e una scansione sulla piazza antistante.

nome	Leica HDS6200
accuratezza	posizione 5 mm tra 0,4 m e 25 m 9mm fino a 50 m distanza < 2 mm fino a 25 m < 3 mm fino a 50 m
velocità	acquisizione > 1'000'000 di punti al secondo
densità punti	massima 1,6 mm a 10m e 8 mm a 50 m minima 50 mm a 10m e 250 mm a 50 m

Tabella 01 - Caratteristiche tecniche dello scanner laser Leica HDS6200

² Canciani 2011, p. 592.

³ A proposito della definizione di "rilievo fotogrammetrico" si veda il seguente paragrafo 4.1.2.

⁴ Pantheon y cúpulas clásicas romanas: Geometría y construcción. Dottoranda: Licinia Aliberti. Relatore: prof. Miguel Ángel Alonso Rodríguez. Correlatore: prof. Marco Canciani.

Lo strumento utilizzato per il rilievo è un laser a differenza di fase, ovvero uno strumento che emette un segnale continuo che viene indirizzato con uno specchio verso l'oggetto da misurare. Lo strumento misura la differenza di fase tra l'onda emessa e quella ricevuta ed è in grado di realizzare molto velocemente nuvole di punti molto dense ed accurate⁵. La sola limitazione di questo tipo di strumento, al contrario di quanto accade con strumenti a tempo di volo, consiste nel range di utilizzo, consigliato per una distanza massima tra i 50 e gli 80 m.

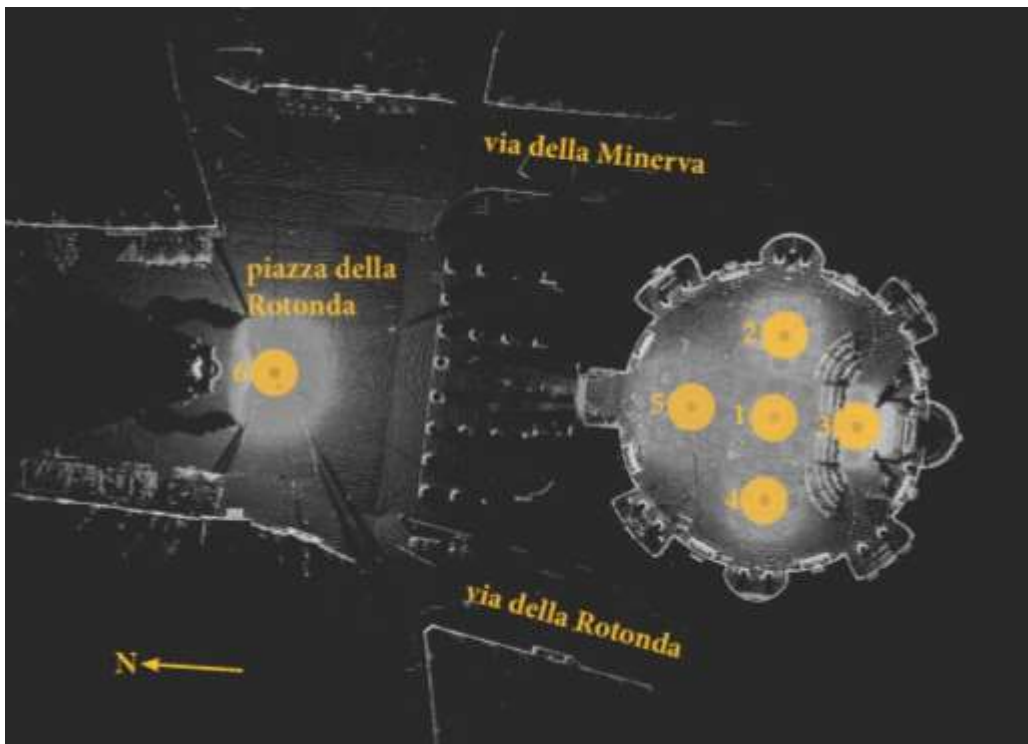


Figura 1 - Posizione e numerazione delle stazioni effettuate con lo scanner Leica HDS6200

La posizione delle scansioni è stata progettata in funzione dell'accessibilità, della visibilità e della copertura degli elementi architettonici indispensabili allo studio (Figura 1). In particolare all'interno oltre alle quattro stazioni perimetrali è stata realizzata una stazione in corrispondenza dell'oculo utile alla verifica di alcune ipotesi riguardanti la visibilità dei cassettoni dal centro del monumento (cfr. 6.2). All'esterno è stata realizzata una scansione sulla piazza della Rotonda per inquadrare il monumento nel suo contesto. Le nuvole ottenute dallo strumento hanno una dimensione media di 42 mln di punti eccezion fatta per quella centrale, più densa che ne conta 165 mln. La sovrapposizione tra le nuvole è ridondante, ma utile per migliorare il processo di allineamento.

⁵ Bertocci-Bini 2012, p.194

La registrazione delle nuvole di punti, ovvero l'allineamento e in alcuni casi la georeferenziazione delle stesse, è una procedura di fondamentale importanza nell'ambito del processo di elaborazione dei dati provenienti da scansione laser. Mediante trasformazioni di roto-traslazione, spesso effettuate in due fasi, le nuvole di punti vengono inserite in uno stesso sistema di coordinate cartesiane. Nel caso specifico del rilievo del Pantheon le nuvole sono state orientate in due fasi la prima di pre-allineamento e la seconda di allineamento automatico con algoritmi che tendono a ridurre le distanze tra i punti di due nuvole diverse attraverso il calcolo dei minimi quadrati. La fase del pre-allineamento è quella che prevede il riconoscimento di alcuni punti omologhi in entrambe le nuvole. Questi possono essere identificati attraverso mire o *target* dove sia possibile posizionarli, oppure scegliendo degli elementi architettonici facilmente riconoscibili come ad esempio i vertici appartenenti ad alcune modanature. Questa fase prevede dunque una scelta di alcuni punti caratteristici che sono stati utilizzati sia per questo pre-allineamento, sia per il successivo allineamento con le nuvole di punti proveniente dalla seconda campagna di rilevamento laser scanner. La seconda fase di allineamento e registrazione delle nuvole è un passaggio delicato in quanto si basa sul calcolo matematico dei minimi quadrati volto a minimizzare le distanze tra i punti. Questo comporta la possibilità di un allineamento medio sufficientemente valido ma che localmente può fornire errori non accettabili. Per questo motivo nel caso del rilievo del Pantheon, nonostante l'allineamento producesse un errore medio di 10 mm per alcune analisi si è preferito l'uso della singola nuvola di punti il cui errore è più basso e legato alle caratteristiche dello strumento (cfr. 5.1.1).

In questa fase il dato ottenuto è ancora un dato strumentale, non soggetto ad interpretazione da parte del rilevatore, non "filtrato". "Lo sviluppo tecnologico ha in realtà via via separato nettamente il momento della selezione e quello della misura"⁶. Con le procedure di rilevamento tradizionali la fase di studio preliminare (progetto di presa) e la fase di raccolta dei dati, introducevano necessariamente una selezione di quei punti che sarebbero stati misurati. Con le nuove tecnologie di acquisizione massiva la selezione delle informazioni avviene successivamente alla misura. È evidente come questo comporti una raccolta dei dati molto più numerosa e ridondante ma allo stesso tempo rende le operazioni di interpretazione e lettura estremamente più interessanti. L'analisi delle nuvole di punti diviene un processo multidisciplinare, l'interpretazione dei dati resta una fase soggettiva legata alla conoscenza del rilevatore che intraprende lo studio. Questa è la fase in cui "un soggetto opera su un oggetto in modo da estrarne alcune tra le innumerevoli informazioni disponibili"⁷, la fase in cui il rilevatore interpreta il dato.

In questo senso la descrizione del dato acquisito può essere utile per spiegare alcuni aspetti metodologici del recente rilievo del Pantheon.

⁶ Bianchini 2014, p. 764

⁷ Bianchini 2014, p. 767

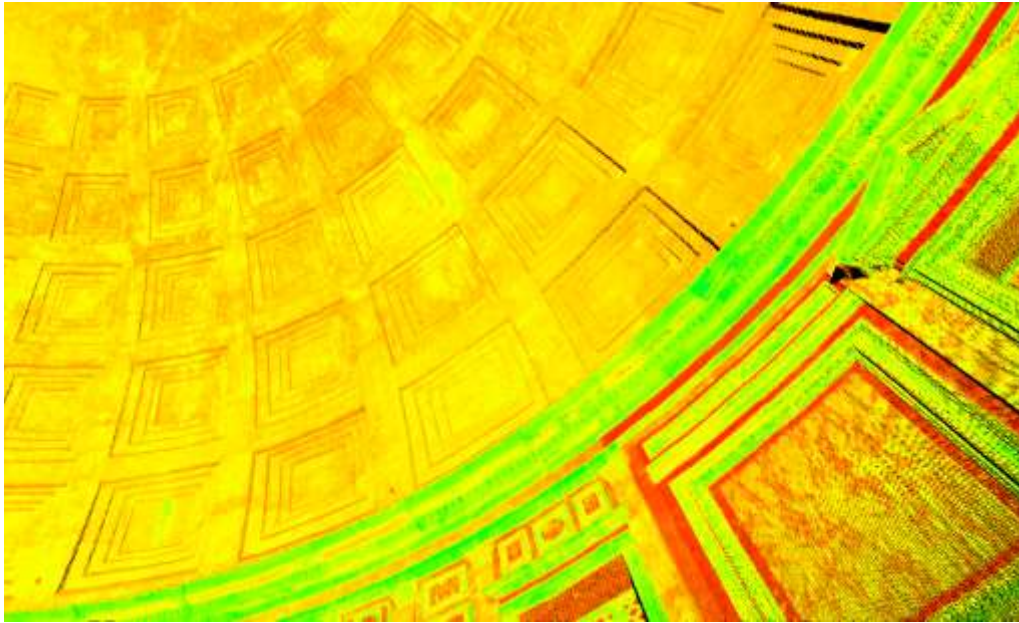


Figura 2 - La nuvola di punti della cupola con il colore della riflettanza, la presenza di macchie più o meno chiare sulla superficie dei cassettoni testimonia una differente condizione dell'intonaco legata al materiale, alla temperatura, all'umidità.

Come più volte ricordato il risultato di una scansione laser è costituito da una nuvola di punti, di coordinate note, a cui viene immediatamente associato un dato "colore" che rappresenta la riflettanza, cioè la quantità di energia riflessa dal punto stesso in relazione all'energia emessa dal laser. Il valore della riflettanza offre una prima lettura che in alcuni casi può risultare molto interessante. La quantità di energia riflessa dall'oggetto e registrata nei dati collegati al punto, sotto forma di colore, varia in funzione delle caratteristiche dell'oggetto stesso. In parte essa è dovuta all'angolo di incidenza dell'onda rispetto alla superficie misurata, in parte è legata alla composizione chimica del materiale, in parte al suo colore e, cosa non del tutto irrilevante, alle sue condizioni di temperatura e umidità (Figura 2)⁸. In definitiva questo dato può fornire alcune indicazioni su ulteriori approfondimenti e indagini da compiere con altri strumenti come ad esempio le termocamere.

⁸ A tal proposito si vedano: l'introduzione al volume *Metodologie integrate per il rilievo, il disegno, la modellazione dell'architettura e della città*, Docci-Chiavoni-Filippa 2011, p. 14; l'articolo *Colore, riflettanza e temperatura*, in *Cultura e scienza del colore*, Clini-et-Al 2014

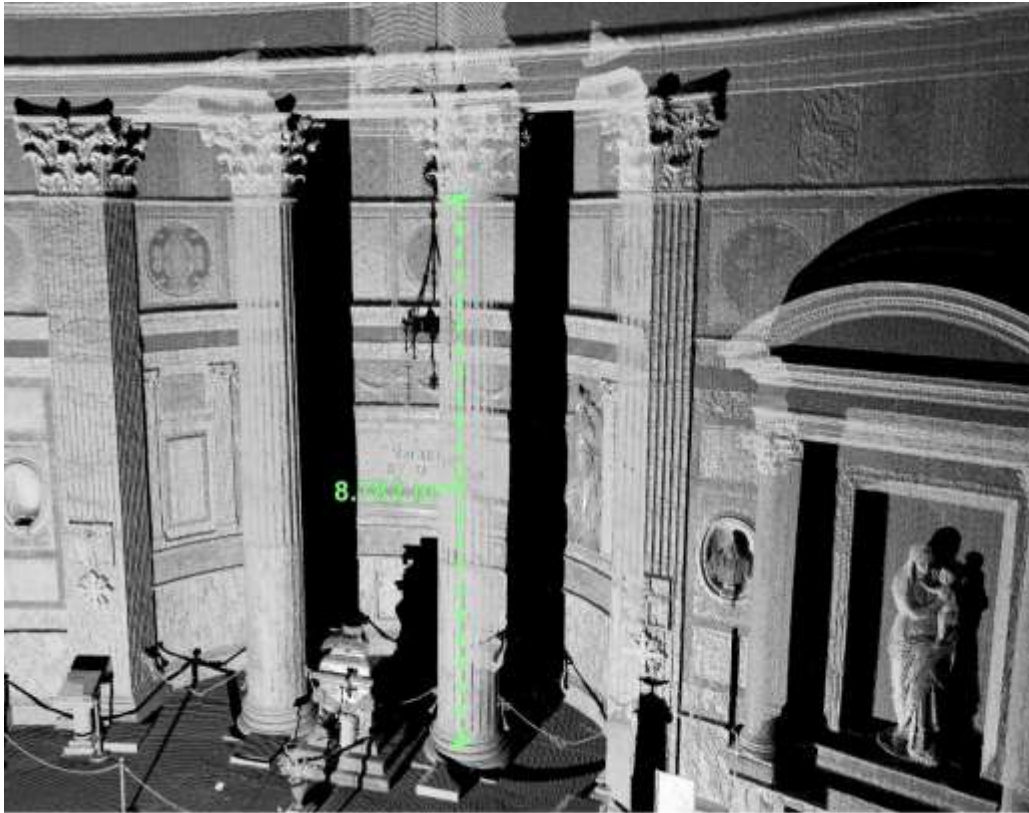


Figura 3 - Misura della nuvola di punti - Tutti i software di gestione delle nuvole di punti offrono strumenti che consentono di effettuare in qualunque momento misure lineari.

Le nuvole di punti ci consentono immediatamente di effettuare delle operazioni di misura. In un ambiente software che ci consente di "navigare" all'interno della nuvola è possibile selezionare i vertici ed ottenere una misura in tempo reale.

L'insieme delle nuvole di punti acquisite in tutto il progetto, sei nel caso del Pantheon per un totale di oltre 380mln di punti, una volta orientato costituisce la base per le successive elaborazioni. Un modello "discreto", orientato e in vera grandezza e forma, che sarà la base del "modello per la misura" (cfr. 5).

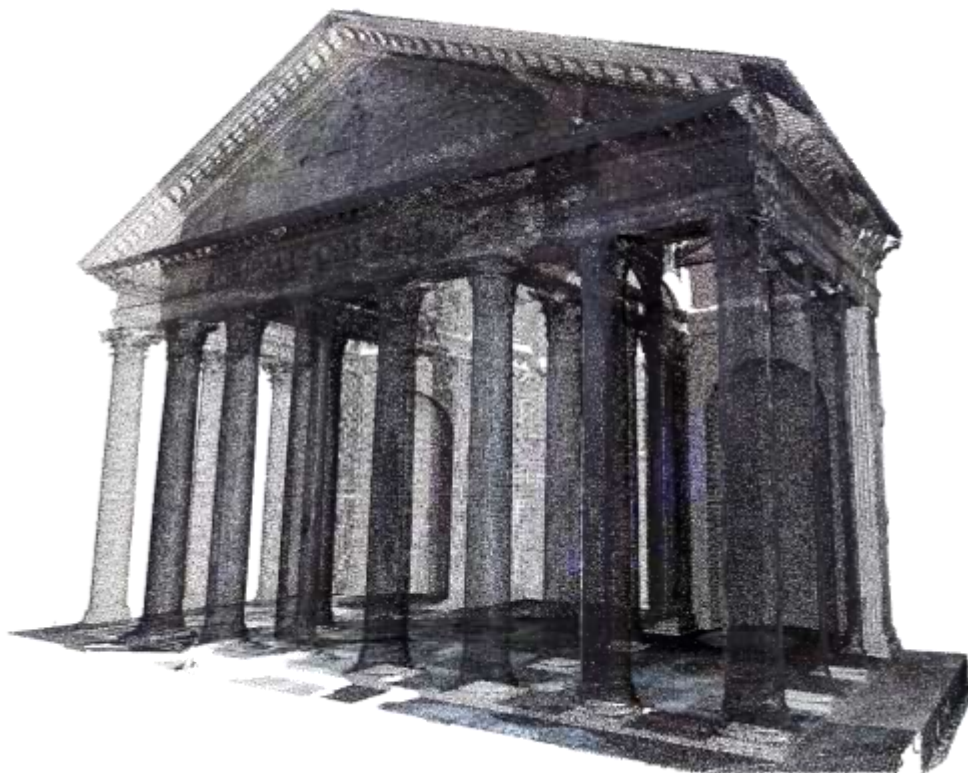


Figura 4 - Il portico del Pantheon nelle nuvole di punti del Digital Pantheon Project.

La seconda campagna di rilevamento grazie alla quale è stato possibile ottenere una scansione completa dell'esterno e della copertura del Pantheon è frutto della ricerca promossa dall'University of Bern e coordinata da Gerd Graßhoff, Michael Heinzelmann e Markus Wäfler. L'obiettivo dell'istituto era di creare un progetto pilota, applicato ai settori della storia dell'arte e dell'archeologia, in cui integrare differenti e nuovi metodi di ricerca scientifica⁹. Fu scelto il Pantheon e tra le prime operazioni condotte, verso la fine del 2005, ci fu una campagna di rilievo a scansione laser. La particolarità di questo progetto, consiste nel fatto che tutti i dati del rilievo, comprese le nuvole di punti furono messe a disposizione dei ricercatori attraverso un complesso sistema di web database per far sì che ognuno potesse accedervi, scaricare i dati ed elaborarli secondo le più differenti interpretazioni.

⁹ Grasshoff-Heinzelmann-Wäfler 2008, p. 7.

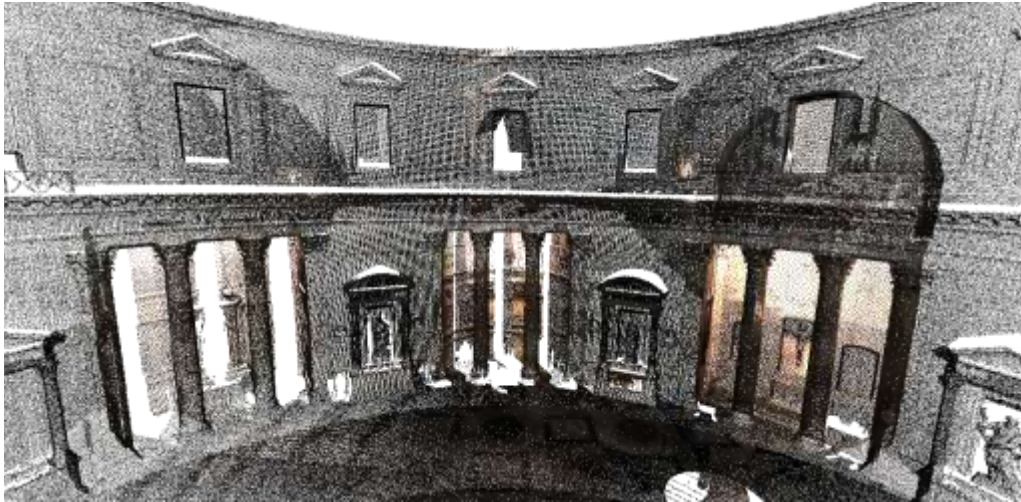


Figura 5 - L'interno del Pantheon nelle nuvole del Digital Pantheon Project

I dati di questa seconda campagna (Figura 4-5), raccolti tra il 2005 e il 2008 sono stati divulgati e resi nuovamente disponibili al download nel 2016 grazie all'apertura di un nuovo sito web dedicato al progetto¹⁰. Le nuvole di punti, orientate e segmentate rispetto alle parti principali del monumento sono state acquisite ed orientate rispetto al sistema di riferimento precedentemente illustrato, utilizzando una serie di punti comuni relativi all'interno della cupola. La diversa struttura della nuvola di punti proveniente da questo studio ci consente di affrontare il tema del colore nelle nuvole di punti. Oltre al già citato dato della riflettanza, ad ogni punto della nuvola è possibile associare un valore relativo al colore RGB dell'oggetto che si sta misurando. Il procedimento, del tutto automatico consiste nell'acquisizione da parte dello strumento di un certo numero di fotografie della scena scattate esattamente in corrispondenza del punto di emissione dell'onda. La sovrapposizione tra le foto e la nuvola di punti consente di associare ad ogni punto nello spazio un punto sulla fotografia e, di conseguenza il suo dato colore. In questo modo le nuvole assumono anche una caratteristica nuova che apre a nuovi tipi di indagini e di analisi sul dato colore. La presenza di entrambe le campagne di rilievo ha consentito una copertura pressoché completa di tutte le parti accessibili del Pantheon, a completamento delle operazioni di rilievo, per ottenere alcuni alla scala del dettaglio architettonico, alle nuvole di punti sono state sommate numerose campagne di rilievo fotogrammetrico.

¹⁰ <http://repository.edition-topoi.org/collection/BDPP>



Figura 6 - Vista prospettica del modello con tutte le nuvole di punti del Digital Pantheon Project.

4.3 Il rilievo fotogrammetrico.

Fin dal principio è necessaria una precisazione sull'uso del termine rilievo fotogrammetrico in questo studio. Le campagne di rilievo del Pantheon, condotte tra il 2014 ed il 2016, sono state realizzate con tecniche *image-based*¹¹ utilizzando un procedimento di *structure from motion* (SFM)¹². L'estensione della definizione di "rilievo fotogrammetrico" a queste operazioni non è universalmente riconosciuta e il tema è ancora oggetto di dibattito nella comunità scientifica¹³. In questo testo il termine di rilievo fotogrammetrico è usato in senso *lato* assumendo la definizione di K.B. Atkinson in cui la fotogrammetria è "la scienza, e l'arte, di determinare la dimensione e la forma di oggetti come risultato dell'analisi di immagini registrate su film o su supporti elettronici"¹⁴. Le operazioni di rilievo fotogrammetrico sono state realizzate successivamente alla campagna di rilievo a scansione laser, con l'obiettivo di aumentare la quantità di dettagli in alcune aree del monumento in cui la nuvola di punti aveva una densità minore. In particolare il rilievo fotogrammetrico è stato utilizzato per acquisire tutti i dettagli architettonici, basi, capitelli, modanature. In queste aree, in alcuni casi molto distanti dal punto di stazione dello scanner, la densità media della nuvola di punti era di 2 pt per cm², con la realizzazione del modello fotogrammetrico la densità media raggiunta è di 90 punti per cm².

Come ricordato in un recente articolo di Fabio Remondino è necessario che il rilievo sia controllato in tutte le sue fasi per evitare di affidarsi ad una *black box* nella quale inserire le fotografie per ottenere un modello senza possibilità di valutazione¹⁵. Per queste ragioni il procedimento di rilievo fotogrammetrico del Pantheon viene qui di seguito esposto nelle sue fasi principali esplicitando i dati delle diverse campagne fotografiche.

4.3.1 L'Acquisizione delle immagini.

L'apparecchio fotografico con il quale sono state effettuate le diverse campagne è una reflex, Canon EOS 600D, sulla quale sono stati montati tre tipi di obiettivi diversi per l'interno e per l'esterno, un 14 mm, un 18-55 mm e un 55-250 mm. Per controllare la distorsione delle lenti la fotocamera è stata poi calibrata usando tutti gli obiettivi, un set di foto appositamente predisposto ed un software per il riconoscimento della distorsione delle lenti e dell'esatta distanza focale (Figura7).

¹¹ Remondino et al 2017; Remondino El Hakim 2006; Remondino 2011 a; Remondino 2011 b

¹² Remondino et al 2017

¹³ Paris 2015; Paris 2012

¹⁴ Atkinson 2011

¹⁵ Remondino et al 2017

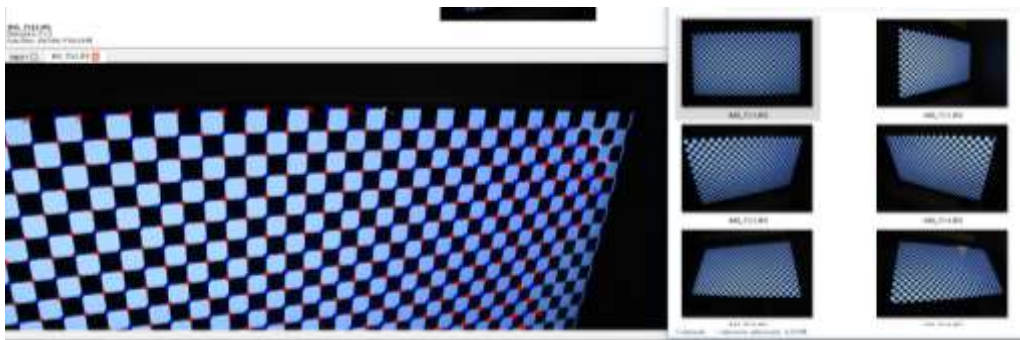


Figura 7 - Calibrazione della fotocamera attraverso la verifica della distanza focale e della distorsione delle lenti.

Riguardo alle modalità di acquisizione delle immagini fotografiche, date le caratteristiche del monumento e la sua accessibilità parziale sono state effettuate alcune scelte seguendo un metodo consolidato in altre esperienze¹⁶. Innanzitutto per le riprese dell'esterno si è operato con luce diffusa, in condizioni meteo di cielo coperto che elimina di fatto le ombre portate e garantisce uniformità del dato colore. Per controllare l'esposizione le foto dei prospetti esterni sono state scattate con la modalità *High Dynamic Range* (HDR) che ha permesso di migliorare le condizioni di visibilità delle zone al di sopra della seconda cornice che hanno come fondo il cielo e dunque risulterebbero sottoesposte (Figura 8)¹⁷. Per l'interno le condizioni di luce sono legate principalmente all'illuminazione artificiale, non modificabile, pertanto l'unico parametro valutabile era l'accessibilità in funzione dell'affluenza di visitatori.



Figura 8 - Coppia di foto sovraesposta e sottoesposta per la verifica della modalità HDR.

Passando alla descrizione della modalità di acquisizione delle fotografie si fa esplicito riferimento all'ampia bibliografia in merito seguendo le indicazioni riportate in nell'articolo di Martin-Beaumont del 2013¹⁸. Le immagini sono state scattate intorno all'oggetto, con la limitazione delle aree non accessibili, definendo un sistema di

¹⁶ Canciani-et-al 2014 b

¹⁷ Kontogianni 2015

¹⁸ Martin-Beaumont 2013, Gattet et al 2015.

immagini principali "*master*", immagini secondarie "*slave*" e immagini di collegamento tra le immagini *master* (Figura 9).

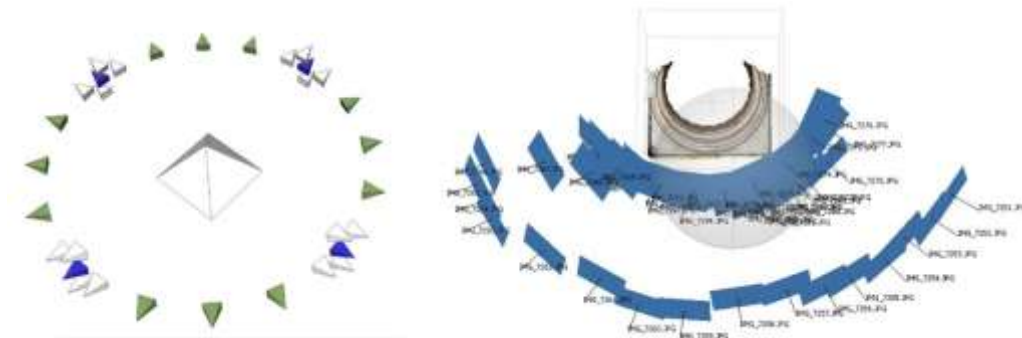


Figura 9 - Il metodo di acquisizione delle immagini - A sinistra l'immagine tratta da Nicolas Martin-Beaumont 2013, in blu le immagini master, in bianco le immagini slave e in verde le immagini di collegamento - A destra un esempio di rilievo fotogrammetrico di una delle basi di colonna interna del Pantheon.

Con questa tecnica sono stati creati i set di foto relativi agli elementi architettonici di dettaglio. Ad esempio il dataset per il rilievo del capitello dell'ordine interno è costituito da 80 foto acquisite con la Canon EOS 600D a 18 Megapixels con un sensore CMOS da 22,3 x 14,9 mm e obiettivo 55-250 mm. Il rapporto tra la dimensione della fotografia, la distanza dell'oggetto e la corrispondenza pixel/mm ci fornisce la dimensione di un pixel nella scena (*Ground Sample Distance*)¹⁹ ed in questo caso un pixel nella scena corrisponde a 0,7 mm.

¹⁹ Remondino et al 2017

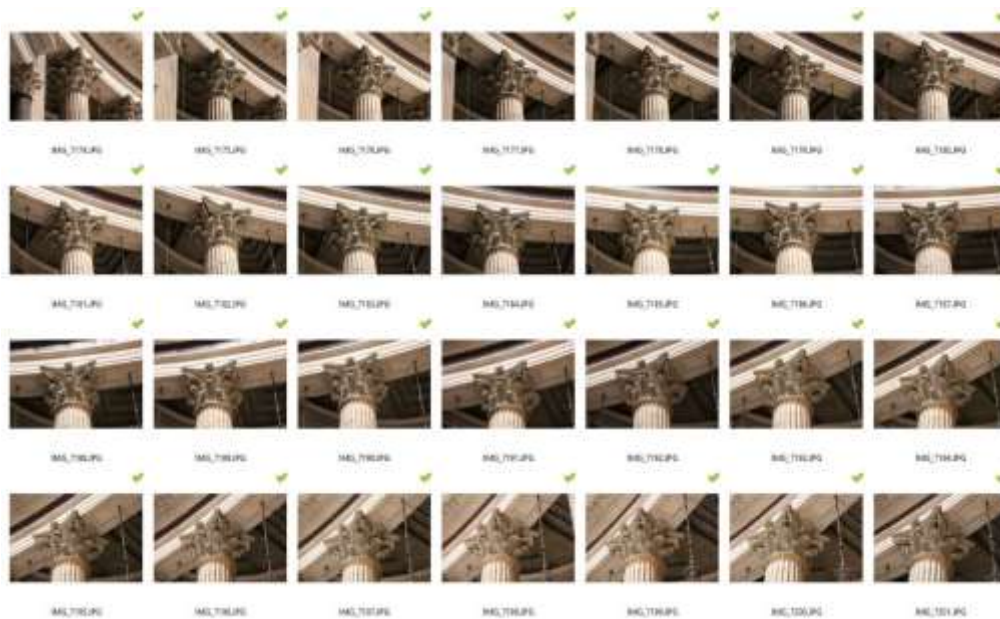


Figura 10 - Uno dei set di fotografie utilizzate per il rilievo fotogrammetrico del capitello interno.

4.3.2 Orientamento delle immagini fotografiche.

Il procedimento di orientamento delle immagini fotografiche inizia con una analisi delle singole immagini attraverso algoritmi che permettono di rilevare e descrivere caratteristiche locali, *features*. Gli algoritmi più utilizzati sono gli *Scale-Invariant Feature Transform (SIFT)*²⁰ o gli *Speeded Up Robust Feature (SURF)*²¹ o i *Features from accelerated segment test (FAST)*²². Con diverse procedure questi algoritmi "leggono" le immagini individuando le *features*, ovvero i punti notevoli, su ogni foto definendo i *tie points* (Figura 11). Grazie a questi punti notevoli il software²³ ricerca coppie di punti corrispondenti su due o più foto e una volta definita la corrispondenza è in grado di orientare le foto tra loro. Un esempio di questo processo applicato al rilievo del Pantheon è visibile in figura 11, in cui si notano, in blu, i *tie points* che hanno una corrispondenza su altre foto. Sulle fotografie di questo set sono stati riconosciuti una media di 2800 *tie points* con un errore medio in pixel di 1.5 px.

²⁰ Lowe 2001

²¹ Bay et al 2008

²² Rosten-Porter-Drummond 2010

²³ In questi progetti è stato utilizzato il software Agisoft Photoscan in licenza educational al dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi Roma Tre.



Figura 11 - Visualizzazione dei *tie point* su una delle foto del rilievo fotogrammetrico - In blu i punti che hanno una corrispondenza in altre foto.

Il secondo passaggio di questa fase è quello della ricerca di tutti i parametri incogniti delle camere come ad esempio la posizione da cui è stata effettuata la foto, l'angolo e i parametri interni della camera²⁴ e le coordinate 3D dei *tie points*. In prima istanza si collegano i centri di proiezione delle fotocamere con i punti sulle immagini fotografiche ed infine con il punto nello spazio. Successivamente l'algoritmo di *bundle adjustment* risolve in maniera iterativa il fascio di raggi provenienti da una camera associando i punti corrispondenti provenienti dalle altre camere, il procedimento si completa con la ricostruzione dei parametri interni della camera²⁵.

Il risultato di questo processo è un modello tridimensionale in cui le foto sono orientate tra loro e l'oggetto del rilievo è rappresentato da una nuvola di punti corrispondenti ai *tie points*.

²⁴ In questo caso specifico i parametri interni erano stati inseriti prima del *bundle adjustment* in quanto noti grazie al procedimento di calibrazione descritto in precedenza.

²⁵ Il procedimento completo prende il nome di *self-calibrating bundle adjustment*. Gruen-Beyer 2001.

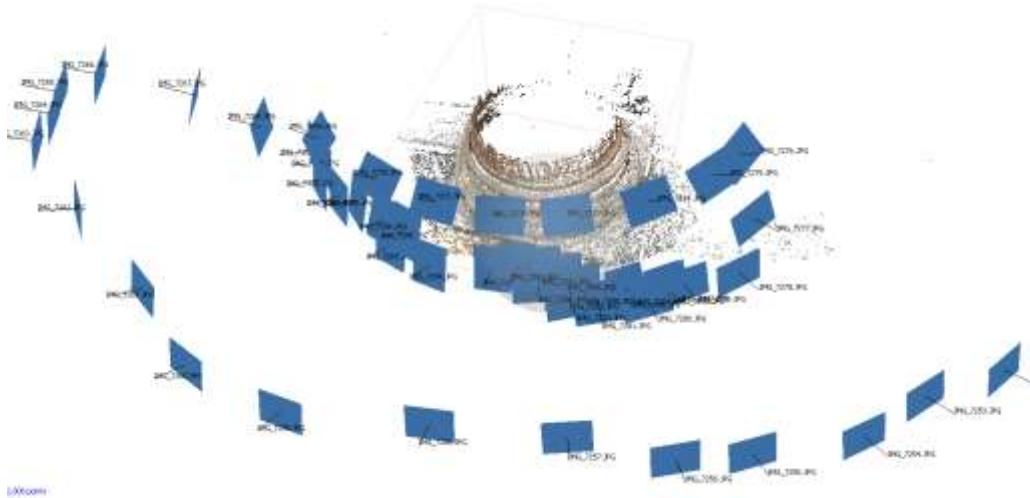


Figura 12 - Modello tridimensionale fotogrammetrico - In blu le fotografie orientate reciprocamente rispetto alla posizione di presa - La nuvola di punti è limitata ai soli *tie points* di cui il software ha trovato corrispondenza in 2 o più foto.

4.3.3 Dense image matching.

Grazie alla posizione delle camere e al loro orientamento si può passare alla fase successiva di *Dense image matching* (DIM). Conoscendo la posizione reciproca delle camere il software realizza una ri-proiezione di tutti i punti presenti sull'immagine fotografica in modo da ottenere una nuvola densa e colorata con il codice colore proveniente dalle fotografie (*dense cloud*). Date queste premesse è facile comprendere la necessità di avere una luce diffusa e assenza di ombre portate durante le operazioni di ripresa fotografica. Una luce diffusa e costante favorisce la realizzazione di una nuvola completa e omogenea. Nel modello del capitello del Pantheon abbiamo generato una *dense cloud* di 1'300'000 punti colorati con una densità media di circa 100 pt/cm² (Figura 13).



Figura 13 - Il risultato del procedimento di DIM - Una nuvola di punti densa in cui per ogni punto è associato un dato colore proveniente dalle foto.

4.3.4 orientamento, scala e verifica della nuvola di punti

Il passaggio finale consiste nell'orientamento e nella scala della *dense cloud* (Figura 14). Per i rilievi fotogrammetrici del Pantheon si è scelto di orientare e mettere in scala il modello utilizzando una serie di punti di controllo o "marker" estratti direttamente dalla nuvola di punti ottenuta dalla scansione laser (cfr.4.2). In questo modo si ha una precisione metrica molto elevata grazie alla scansione laser e si può controllare il risultato finale facendo una comparazione delle nuvole.



Figura 14 - Orientamento e la scala del modello fotogrammetrico (a destra) grazie ai punti estratti dalla nuvola ottenuta con scansione laser (a sinistra).

La verifica dell'accuratezza della Dense Cloud è stata effettuata attraverso il confronto con la nuvola di riferimento²⁶. Entrambe le nuvole sono state esportate in un formato XYZ, ovvero un file con testo ordinato in tre colonne corrispondenti alle coordinate dei punti. Attraverso un software in grado di calcolare la distanza tra le nuvole di punti, Cloud Compare, è stato realizzato un grafico delle distanze. Qualitativamente si osserva che la distribuzione dell'errore è maggiore al diminuire della copertura fotografica. La parte frontale mostra una accuratezza maggiore mentre sui lati l'errore raggiunge valori più alti.

²⁶ Remondino et al 2017 p.5

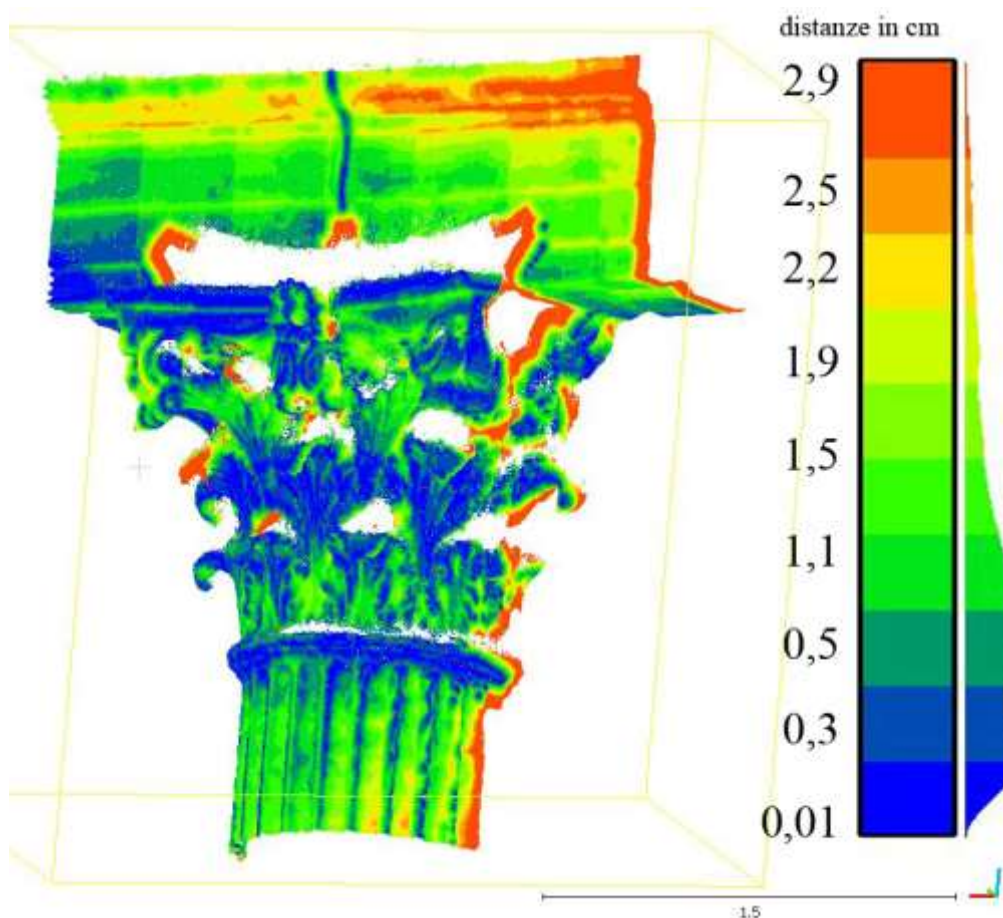


Figura 15 - Verifica dell'accuratezza della nuvola di punti, le distanze, espresse in centimetri mostrano che la maggior parte dei punti ha un errore compreso tra 0 e 1,1 cm

Quantitativamente si può valutare che la distanza media è compresa tra 3 e 5 mm, ovvero date le dimensioni del capitello, un errore inferiore a 0,5% (Figura 15).

Va precisato che le fasi del rilevamento con il metodo *image based* possono proseguire dopo la realizzazione della nuvola di punti con la creazione di un modello mesh, composto da una superficie poligonale, normalmente triangolata, interpolata tra i punti della *dense cloud*. Questo procedimento risulta essere molto efficace per restituire un modello continuo sul quale proiettare ad esempio le *texture* provenienti dalle fotografie che hanno generato le nuvole di punti. D'altra parte però la creazione di un modello mesh porta con sé aspetti positivi e negativi. Di positivo vi è la possibilità di visualizzare e renderizzare il modello con i principali software di modellazione, e certamente la creazione di una superficie continua riduce il rumore presente nella nuvola di punti. D'altra parte però questo passaggio introduce un'interpretazione del dato che richiede un approfondimento. Nel caso di oggetti architettonici le superfici non sono indifferenti alla geometria generatrice. Le modanature presentano curve con generatrici perlopiù note e

definite, le superfici murarie sono, entro certe tolleranze, da considerarsi piane. Tutte queste interpretazioni sfuggono alla maggior parte dei software per la modellazione mesh. Per queste ragioni il procedimento utilizzato nel presente studio si interrompe con la creazione delle nuvole di punti. Il modello tridimensionale continuo sarà realizzato utilizzando l'estrazione delle sezioni architettoniche direttamente dalle nuvole di punti²⁷. Pertanto l'insieme delle nuvole ottenute sia attraverso la scansione laser sia con il metodo fotogrammetrico sarà alla base del "modello per la misura" presentato nel capitolo 5.

Rilievo a scansione Laser.				
nome/descrizione	edizione	acquisizione	fonte	dimensioni
3D model of the Pantheon's portico	2016	2005/2008	The Bern Digital Pantheon Project	1'566'326 pt
3D model of the intermediate part between the portico and the rotunda of the Pantheon	2016	2005/2008	The Bern Digital Pantheon Project	390'715 pt
3D model of the outside of the Pantheon's rotunda	2016	2005/2008	The Bern Digital Pantheon Project	863'289 pt
3D model of the interior of the rotunda of the Pantheon	2016	2005/2008	The Bern Digital Pantheon Project	1'615'101 pt
3D model of the Pantheon's annexe	2016	2005/2008	The Bern Digital Pantheon Project	562'769 pt
3D model of the dome of the Pantheon	2016	2005/2008	The Bern Digital Pantheon Project	1'178'343 pt
scansione esterna su piazza della rotunda	-	2012	Dipartimento di Architettura Roma Tre	26'682'167 pt
scansione dell'interno in posizione centrale	-	2012	Dipartimento di Architettura Roma Tre	165'577'848 pt
scansione dell'interno est	-	2012	Dipartimento di Architettura Roma Tre	42'831'549 pt
scansione dell'interno ovest	-	2012	Dipartimento di Architettura Roma Tre	42'699'321 pt
scansione dell'interno nord	-	2012	Dipartimento di Architettura Roma Tre	42'744'646 pt
scansione dell'interno sud	-	2012	Dipartimento di Architettura Roma Tre	42'647'228 pt

Tabella riepilogativa dei dati acquisiti attraverso scansione laser

²⁷ Canciani et al 2013.

Rilievo fotogrammetrico.		
	Set1: Capitello ordine interno	Set2: Base ordine interno
macchina fotografica	Canon EOS 600D	Canon EOS 600D
obiettivo	55-250 mm	18-55 mm
modalità	luce artificiale	luce artificiale
dimensione	18 Megapixels	18 Megapixels
numero di foto	80	62
Ground-Sample-Distance	0,7 mm	0,2 mm
n° medio <i>tie-points</i> per foto	2800	3000
errore-medio	1,5 px	1,3 px
<i>Dense Cloud (DC)</i>	1'347'047 pt	6'326'296
densità della DC	100 pt/cm ²	150 pt/cm ²
distanza media dalla nuvola di riferimento	4 mm	3,5 mm
	Set3: Prospetto ovest	Set4: Base ordine esterno
macchina fotografica	Canon EOS 600D	Canon EOS 600D
obiettivo	14 mm	18-55 mm
modalità	HDR	HDR
dimensione	18 Megapixels	18 Megapixels
numero di foto	168	123
Ground-Sample-Distance	0,6 mm	0,2 mm
n° medio <i>tie-points</i> per foto	1000	2800
errore-medio	1,4 px	1,3 px
<i>Dense Cloud (DC)</i>	4'214'219 pt	7'541'656
densità della DC	130 pt/cm ²	140 pt/cm ²
distanza media dalla nuvola di riferimento	3,9 mm	3 mm
	Set5: Trabeazione ordine interno	Set6: Colonna interna completa
macchina fotografica	Canon EOS 600D	Canon EOS 600D
obiettivo	55-250 mm	18-55 mm
modalità	luce artificiale	luce artificiale
dimensione	18 Megapixels	18 Megapixels
numero di foto	168	73
Ground-Sample-Distance	0,6 mm	0,7 mm
n° medio <i>tie-points</i> per foto	2600	2800
errore-medio	1,4 px	1,6 px
<i>Dense Cloud (DC)</i>	4'214'219 pt	5'498'619
densità della DC	100 pt/cm ²	80 pt/cm ²
distanza media dalla nuvola di riferimento	4,3 mm	5 mm
	Set7: Pilastro Ordine interno	Set8: Base Pilastro ordine interno
macchina fotografica	Canon EOS 600D	Canon EOS 600D
obiettivo	18-55 mm	18-55 mm
modalità	luce artificiale	luce artificiale
dimensione	18 Megapixels	18 Megapixels

numero di foto	82	65
Ground-Sample-Distance	0,5 mm	0,4 mm
n° medio <i>tie-points</i> per foto	3000	2900
errore-medio	1,3 px	1,5 px
<i>Dense Cloud (DC)</i>	2'214'219 pt	3'298'619
densità della DC	90 pt/cm ²	150 pt/cm ²
distanza media dalla nuvola di riferimento	3,8 mm	4 mm
	Set9: Edicola altare interno	Set10: Abside altare principale
macchina fotografica	Canon EOS 600D	Canon EOS 600D
obiettivo	55-250 mm	55-250 mm
modalità	luce artificiale	luce artificiale
dimensione	18 Megapixels	18 Megapixels
numero di foto	53	62
Ground-Sample-Distance	0,5 mm	0,6 mm
n° medio <i>tie-points</i> per foto	2900	3000
errore-medio	1,1 px	1,8 px
<i>Dense Cloud (DC)</i>	2'216'207 pt	3'357'852
densità della DC	80 pt/cm ²	90 pt/cm ²
distanza media dalla nuvola di riferimento	3,3 mm	4,1 mm

Tabella riepilogativa dei dati acquisiti attraverso il rilievo fotogrammetrico

Capitolo 5

IL RILIEVO 3D DEL PANTHEON.



Il nuovo rilievo del Pantheon, realizzato attraverso la metodologia del rilievo integrato, diviene lo strumento per analizzare le varie interpretazioni dei disegni realizzati tra il XVII e il XIX secolo. Le nuove piante, le sezioni, i modelli, le analisi dimensionali condotte sulle nuvole di punti, sono necessari per consentire il confronto tra i metodi di rilevamento e rappresentazione delle accademie italiane e francesi. I nuovi elaborati consentono di dare un'interpretazione rispetto ad alcuni temi, come la geometria della pianta, le sue dimensioni, le sue fasi costruttive. Temi che accompagnano lo studio del Pantheon e attraversano i cinque secoli che separano i rilievi delle accademie da alcuni più recenti studi compresa la presente ricerca dottorale.

Il rilievo integrato e le metodologie ad esso collegate che vanno sotto la denominazione di Rilievo 3D¹, generano un insieme di dati tridimensionali, punti, piani, e superfici che necessitano di essere interpretati, elaborati, ricondotti agli scopi per cui sono destinati. Il valore di un rilievo infatti risiede nella capacità di creare nuove rappresentazioni dei contenuti architettonici² a partire da dati strumentali che, seguendo le innovazioni tecnologiche, migliorano progressivamente in termini di qualità ed esattezza. Pertanto l'uso delle nuove tecnologie è da considerarsi un mezzo e non un fine del rilievo stesso. Il fine resta l'interpretazione: "se la forma di un certo manufatto può e deve essere estratta dai

¹ Remondino 2011 a

² De Sanctis 2011

dati a disposizione in accordo con un approccio quanto più possibile scientifico, l'interpretazione degli elementi che rappresentano tale forma prevede invece un intervento che è strettamente legato alla sensibilità del ricercatore: in questo senso essa, più che mera operazione di lettura, è da intendersi come atto di conoscenza a partire da un dato misurato"³. L'obiettivo di questo capitolo è quindi un atto di conoscenza e di interpretazione di alcune tematiche legate allo studio del monumento.

Data la natura spaziale dei dati del rilievo, tridimensionale, in questo capitolo si ricorre alla definizione di "modello"⁴ che, di volta in volta, assume caratteristiche diverse in funzione delle analisi e degli scopi a cui è votato. Verranno presentate tipologie diverse di modelli: il "modello per la misura", il "modello per la rappresentazione", il "modello geometrico", il "modello aumentato", tutti hanno elementi comuni, nascono dal rilievo 3D e, condividendo lo stesso sistema di riferimento, possono interfacciarsi facilmente e scambiarsi dati e contenuti, ma alcuni sono destinati alla rappresentazione, altri a contenere e condividere dati, altri ancora a produrre analisi metriche.

5.1 Il modello per la misura.

Il "modello per la misura" può essere definito come un insieme di modelli tridimensionali, spazialmente georiferiti, discreti o continui, tutti volti a dare una lettura metrica e geometrica quanto più definita e completa dell'oggetto architettonico. Nel caso del Pantheon questo insieme è rappresentato dai modelli precedentemente illustrati: fotogrammetrico e laser scanner. Il modello per la misura ha la caratteristica di essere un modello tridimensionale che raccoglie le informazioni metriche provenienti da diverse elaborazioni, deve pertanto rispettare alcune regole per la sua definizione: deve essere georiferito, o riferito ad un sistema di riferimento comune e deve essere esportabile in uno dei formati digitali standardizzati che consentono la sua interpretazione nei diversi software di analisi e di modellazione tridimensionale.

Il modello per la misura utilizzato nel rilievo del Pantheon è costituito principalmente da una serie di nuvole di punti, allineate e georiferite, ottenute

³ Bianchini et al 2014, p. 153

⁴ Il modello è inteso come un insieme di elementi tridimensionali, frutto delle operazioni di selezione ed estrazione delle informazioni disponibili. Bianchini 2011, p. 50

attraverso il rilevamento a scansione laser descritto nel capitolo precedente. Lo strumento di analisi è un ambiente, o software, di modellazione tridimensionale che consente alcune indagini direttamente sulle nuvole di punti, come ad esempio: l'estrazione di sezioni; l'analisi delle distanze medie; il disegno di linee o circonferenze medie. L'obiettivo è quello di valutare attraverso un procedimento scientifico⁵, oggettivo e ripetibile, le diverse misurazioni effettuate sul campo estraendo dati e geometrie direttamente dalle nuvole di punti. La prima delle analisi condotte riguarda la ricerca delle geometrie "di base" che compongono il Pantheon, il cilindro e la sfera, con i rispettivi asse e centro.

5.1.1 Il corpo cilindrico del Pantheon: le sezioni orizzontali.

La ricerca delle dimensioni e della geometria del corpo cilindrico del Pantheon inizia con la scelta di utilizzare singole nuvole di punti provenienti da una sola operazione di scansione, allo scopo di migliorare la qualità del dato metrico ed eliminare possibili errori di allineamento tra i dati⁶. Il corpo centrale, fino all'altezza della seconda cornice, è assimilabile ad un cilindro e determinare il suo asse e il suo centro equivale a misurare il diametro del Pantheon. Si noti come la misurazione sul campo del diametro, o del raggio, di un corpo cilindrico è tutt'altro che banale. Qualunque misura sulla sezione circolare, potrebbe restituire la lunghezza di una corda e non il diametro, perché per misurare correttamente il diametro occorre passare per il centro e non è scontato che esso sia sempre individuabile *in situ*. Nel caso del Pantheon il disegno della pavimentazione suggerisce la posizione del centro ma vedremo come questo potrebbe introdurre un errore significativo. Si è scelto dunque di lavorare sulle nuvole di punti e determinare matematicamente il centro del Pantheon a partire dalla sua geometria.

La nuvola di punti è stata sezionata con un piano orizzontale ad una quota di 4,50 metri estraendo una porzione di punti dello spessore di circa 25cm

⁵ Bianchini et al 2014, p. 155

⁶ "Va da sé, che ogni passaggio (nuvola di punti/mesh/modello per superfici) comporta sempre approssimazioni più o meno rilevanti e che le nuvole di punti individuano un modello digitale originario, metricamente migliore dei suoi derivati." De Sanctis 2015

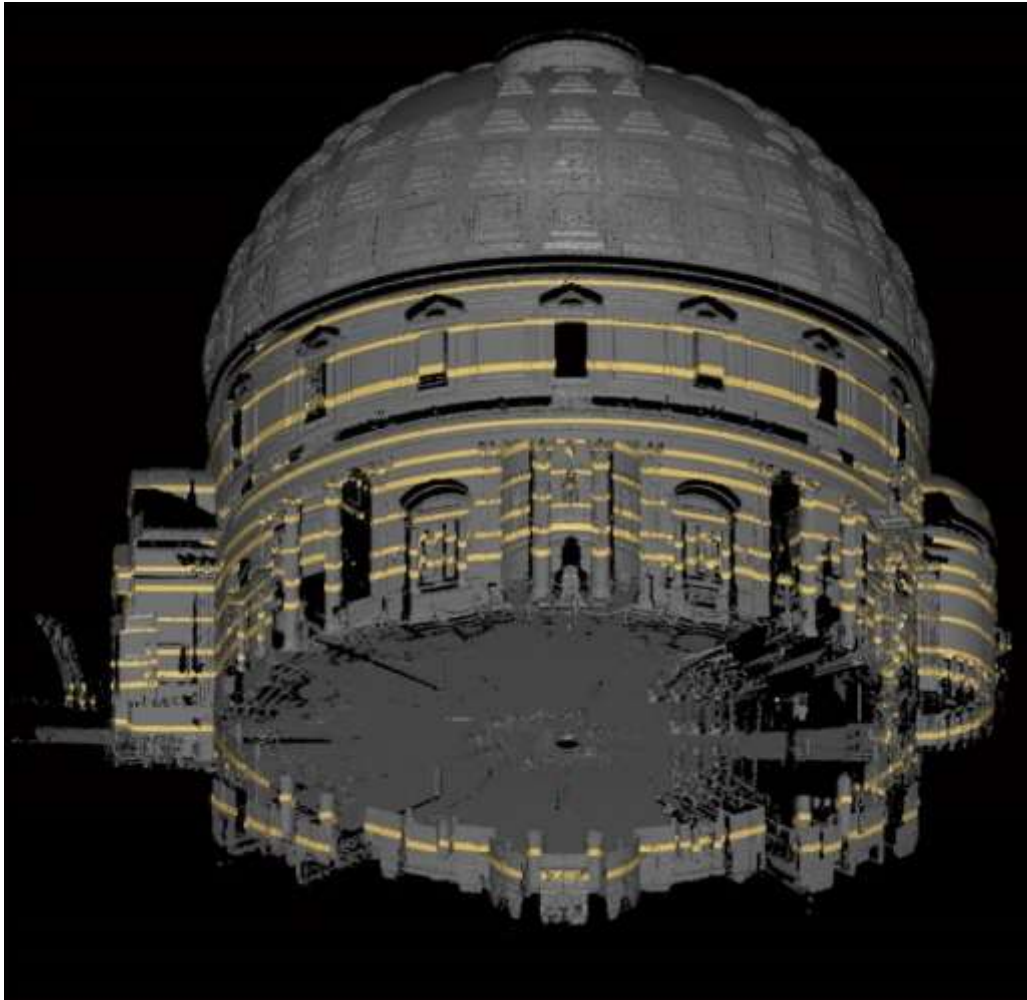


Figura 1 - Sezioni orizzontali della nuvola di punti - In evidenza le sezioni a quota 2,16 m; 4,5 m; 6,5 m; 7,9 m; 11,3 m; 15,2 m; 18,1 m; 20,7 m

L'osservazione di questa porzione di nuvola ha prodotto due considerazioni iniziali. La prima è che la migliore delle circonferenze possibili, ottenuta esaminando le porzioni continue di muro tra una nicchia e l'altra si discosta dai punti rilevati mediamente di 3,3 cm. La seconda nasce dall'analisi della distanza dei punti dalla circonferenza ideale. Leggendo questo dato si nota che rispetto alla circonferenza i punti sull'asse nord sud si trovano all'interno e quelli sull'asse est ovest all'esterno, suggerendo una forma ellittica da verificare con tutte le altre sezioni orizzontali (img distanza punti circonferenza).

Queste distanze di pochi centimetri, queste approssimazioni, queste considerazioni sulla forma della pianta, prese in assoluto potrebbero essere irrilevanti. Occorre però tener conto che il dibattito sul diametro del Pantheon e

il disegno della sua geometria ha interessato tutti gli autori fin qui studiati e ruota intorno a differenti interpretazioni della pianta e misure di pochi centimetri. Pertanto vengono qui introdotte due possibili interpretazioni geometriche per consentire i confronti con gli altri autori. Da una parte si ricerca la misura del diametro della circonferenza ideale e il suo centro. Dall'altra si analizzano le distanze punto-circonferenza ideale per disegnare un'ellissi e i suoi due assi che meglio approssimano la forma del Pantheon.

L'estrazione di sezioni orizzontali dalla nuvola di punti è stata ripetuta più volte a quote diverse fino all'altezza della cornice (4,5 6,5 7,9 11,3 15,2 18,1 20,7 m). Il risultato ottenuto è omogeneo: il diametro della circonferenza ideale fino alla prima cornice oscilla tra 43,64m e 43,68m (raggio 21,81 e 21,84); il diametro dell'attico varia tra 43,78m e 43,80m (raggio 21,89 e 21,90). Approfondendo questa indagine grazie a un software di calcolo matematico⁷ è stato possibile verificare la distanza media, minima e massima tra i punti e la circonferenza ideale. Alla fine di queste operazioni si può affermare che il diametro medio della circonferenza ideale è pari a 43,66m \pm 3cm e dunque sarebbe compatibile con la misura di 148 piedi romani, se il piede fosse 295 mm.

⁷ Il software Wolfram Mathematica è in grado di importare porzioni della nuvola di punti e costruire geometrie parametriche con cui valutare gli errori e gli scarti medi e massimi. Nel caso specifico sono stati prese in considerazione le circonferenze ideali valutando la loro distanza con i punti della nuvola. In figura 2 e 3 sono riportati i principali passaggi per la valutazione delle distanze.

```

(* leggere i punti della nuvola alla quota della cornice *)
lscornice = ReadList["\circonfereze\\circonfereza punti 1915.xyz", Number, RecordLists -> True];
(* valutare la quantita di punti della nuvola *)
Length[lscornice]
488906

Map[Max, Transpose[lscornice]]
{23.1927, 33.5854, 19.15}

Map[Min, Transpose[lscornice]]
{-20.2772, -10.2603, 19.15}

(* eliminare la componente z sulle coordinate dei punti *)
lscornicepiana = Map[Take[#, 2] &, lscornice];
(* visualizzare la nuvola di punti *)
Graphics3D[Point[lscornice]]

```

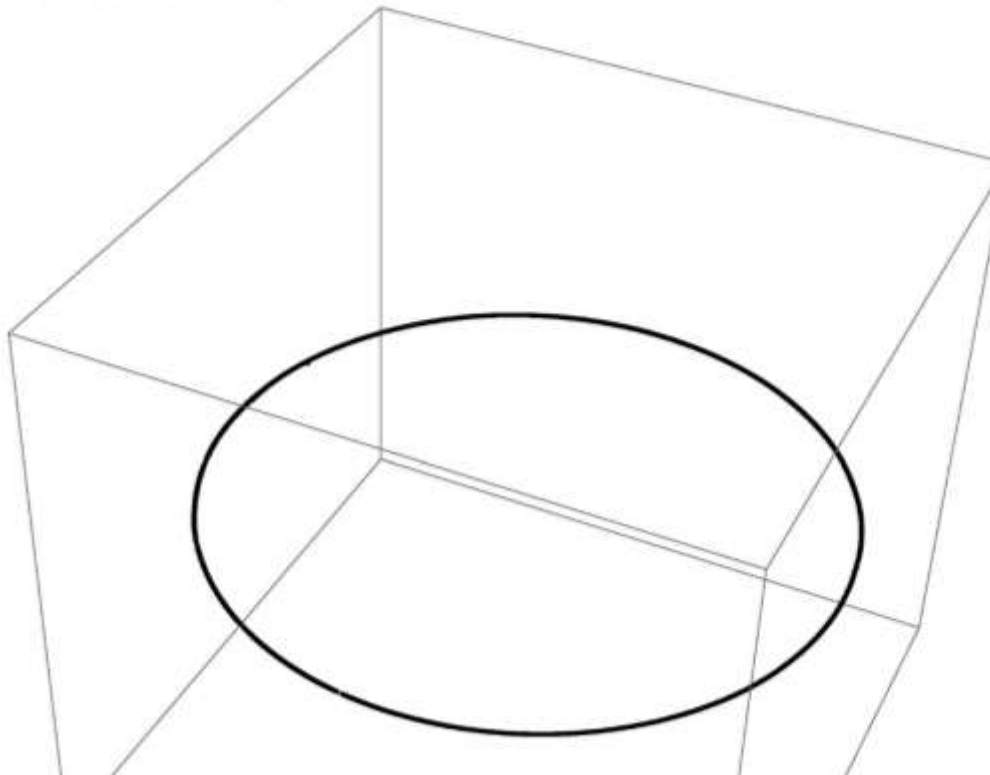
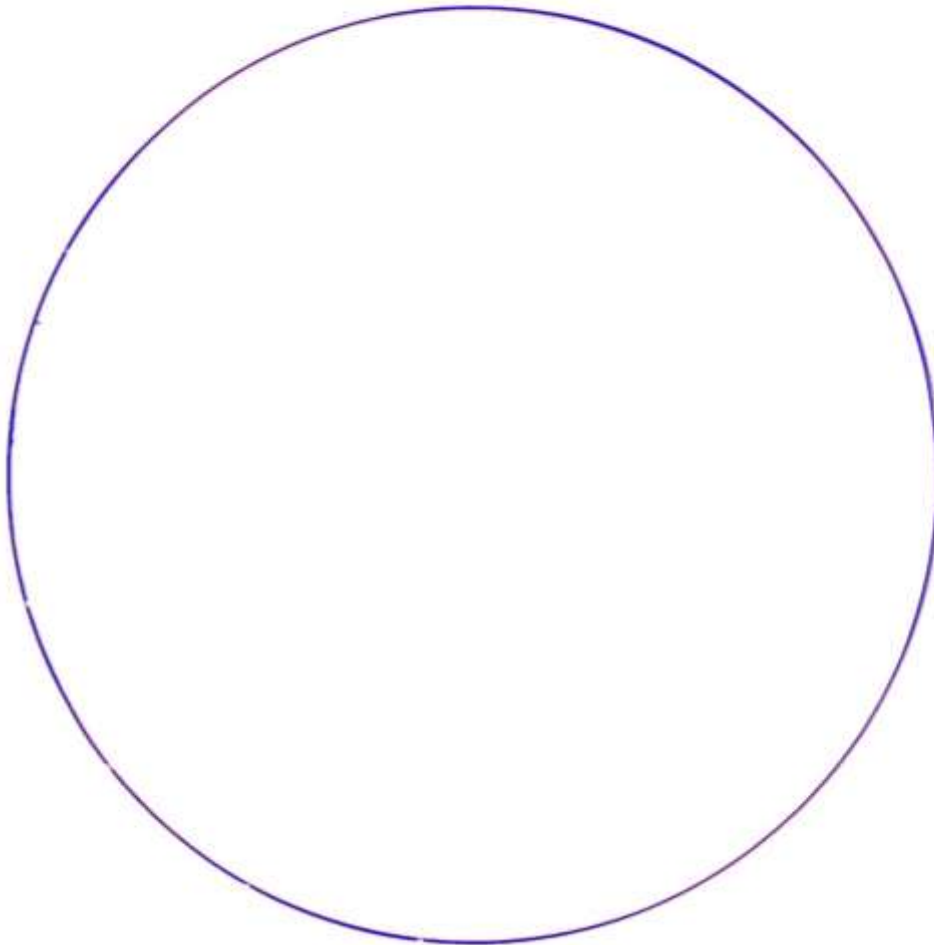


Figura 2 - Il calcolo delle circonferenze passanti per i punti della sezione all'interno del software Wolfram Mathematica - Selezione dei punti della nuvola e proiezione su un piano.

(*) Inserire la circonferenza ideale, in rosso *

```
Graphics[{PointSize[.0001], Blue, Point[Isornicepiana], Red, Circle[{1.48724, 11.6724}, 21.8255]}, ImageSize -> 1400]
```



(*) Scrivere l'equazione parametrica della circonferenza ideale *

```
circof[t_] := {1.48724 + 21.8255 Cos[t], 11.6724 + 21.8255 Sin[t]}
```

(*) Definire la distanza punto-circonferenza *

```
dist[{x1_, y1_}, {x2_, y2_}] := Sqrt[Expand[(x1 - x2)^2 + (y1 - y2)^2]]
```

(*) Calcolare la distanza tra i punti della nuvola e la circonferenza *

```
dist[Isornicepiana[[1]], circof[t]]
```

```
 $\sqrt{477.919 - 750.007 \cos[t] + 476.352 \cos[t]^2 - 590.018 \sin[t] - 476.352 \sin[t]^2}$ 
```

```
Total[Table[Minimize[dist[Isornicepiana[[k]], circof[t]], t][[1]], {k, 1, 100}]] / 100
```

```
0.06164055235899849
```

Figura 3 - Il calcolo delle circonferenze passanti per i punti della sezione all'interno del software Wolfram Mathematica - Verifica della distanza media tra i punti e la nuvola.

Ciononostante analizzando tutte le sezioni orizzontali emerge un dato costante: le maggiori distanze punto-circonferenza si concentrano sugli assi principali e i

punti sull'asse est-ovest si trovano all'esterno della circonferenza ideale mentre quelli sull'asse nord-sud all'interno. Come già osservato per la sezione a quota 4,50 m questo dato suggerisce una forma ellittica, ma prima di procedere al disegno occorre valutare attentamente il grafico delle distanze dei punti dalla circonferenza ideale (Figura 4). Se è vero che data la distribuzione e la quantità dei punti, la media distanza tra la circonferenza e la nuvola è di ± 3 cm è altrettanto vero che la distanza massima è di +6 cm sull'asse est-ovest e di -5 cm sull'asse nord-sud.

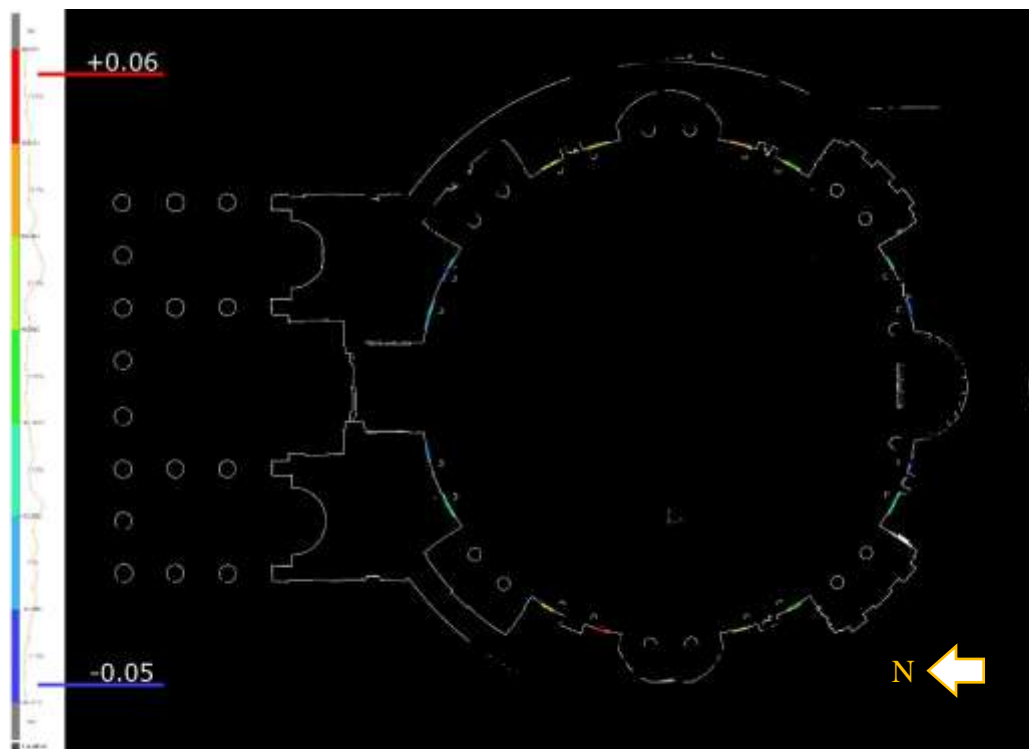


Figura 4 - Grafico della distanza tra i punti della sezione e la circonferenza ideale di raggio 43,63 m ± 3 cm - La distanza massima in valore assoluto è pari a 6 cm ma analizzando la distribuzione dei punti notiamo che circa il 45% dei punti si trova a ± 4 cm, il 30 % a ± 2 cm e solo il 16 % a ± 6 cm. La distanza media risulta dunque di $\pm 3,3$ cm.

Utilizzando un modello matematico diverso dalla circonferenza, l'ellissi, è possibile ridurre notevolmente sia la distanza media, sia soprattutto le distanze massime sui due assi. Partendo dunque da questa analisi è stata costruita un'ellissi dati gli assi, quello maggiore est-ovest e quello minore nord-sud. Dopo aver testato diverse misure degli assi si è ottimizzata la geometria con l'asse est-ovest di 43,69 m e quello nord-sud di 43,57 m. Il risultato è una riduzione di più di un

terzo della distanza media (che passa a 1 cm) e un dimezzamento della distanza massima (3 cm). (Figura 5).

Dal punto di vista geometrico, uno dei primi dati estraibili dal modello per la misura è la determinazione del centro e dell'asse del cilindro. Le misure effettuate per valutare la circonferenza ideale restituiscono infatti un dato molto importante per la definizione del corpo cilindrico, la posizione del centro. Ripetuta per tutte le sezioni, questa misura consente di verificare l'asse del cilindro per valutare se questo sia effettivamente verticale.

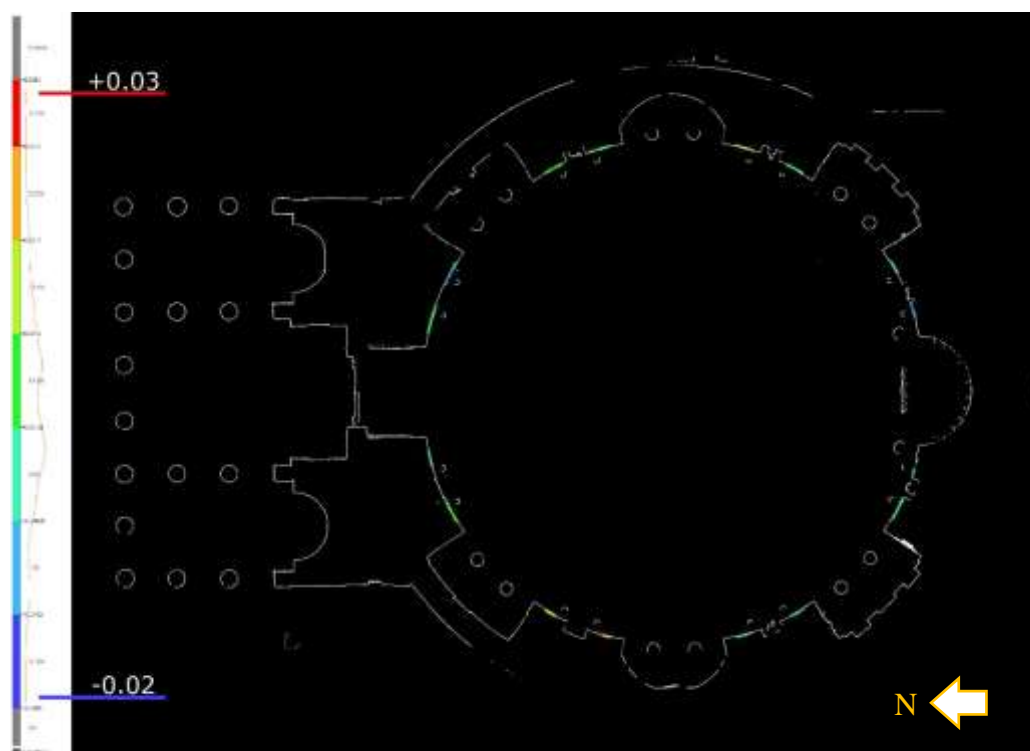


Figura 5 - Grafico della distanza tra i punti della nuvola e l'ellissi con asse maggiore est-ovest 43,69 m e asse minore nord-sud 43,57 m. La distanza massima si riduce a ± 3 cm e la distanza media a ± 1 cm.

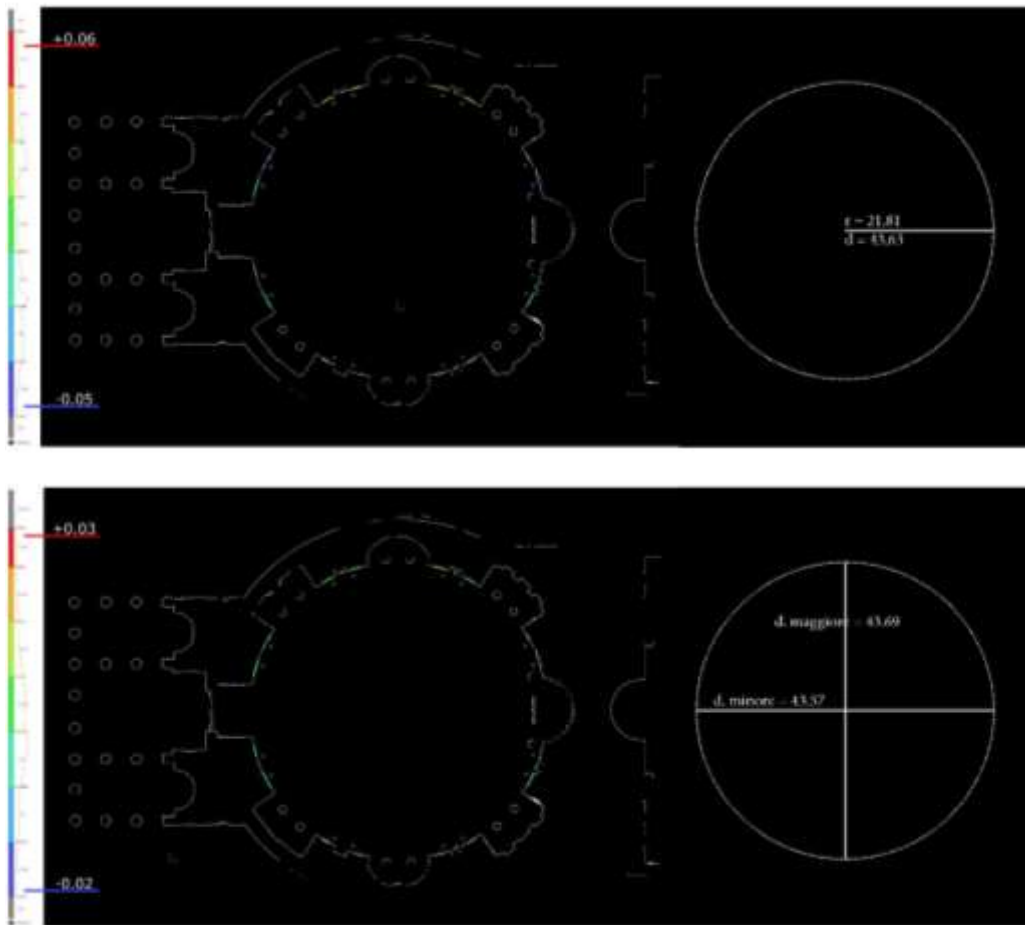


Figura 6 - Confronto tra i due modelli geometrici: la circonferenza ideale con raggio 43,63 m ± 3 cm e l'ellissi con asse maggiore est-ovest 43,69 m e asse minore nord-sud 43,57 m.

La posizione del centro e dell'asse del Pantheon, definiti in coordinate cartesiane rispetto al sistema di riferimento generale risulta interessante in quanto elemento fondamentale per disegnare le piante, impostare correttamente i piani di sezione, e confrontare queste informazioni con i disegni fin qui illustrati. I centri delle circonferenze ideali estratte dalle sezioni della nuvola di punti sono allineati tra loro con uno scarto medio di 2cm, e quindi è ragionevole, ma non scontato, sostenere che l'asse centrale del Pantheon sia effettivamente verticale (Figura 7).

quota della sezione orizzontale	diametro	coordinate del centro (x ; y)	errore medio	elemento architettonico
4,5 m	43,64 m	1,467 ; 11,632	±3,5 cm	primo livello
6,5 m	43,62 m	1,464 ; 11,626	±2,38 cm	
7,9 m	43,64 m	1,480 ; 11,641	±2,47 cm	
10,1 m	43,66 m	1,477 ; 11,656	±2,05 cm	
11,3 m	43,68 m	1,475 ; 11,659	±2,95 cm	
13,1 m	43,64 m	1,474 ; 11,669	±5,97 cm	cornice
15,2 m	43,78 m	1,506 ; 11,659	±1,98 cm	attico
18,1 m	43,80 m	1,514 ; 11,666	±2,03 cm	
20,7 m	43,79 m	1,508 ; 11,660	±2,93 cm	

Tabella 1 - Sezioni orizzontali - Dimensione del diametro della circonferenza ideale e posizione del centro.

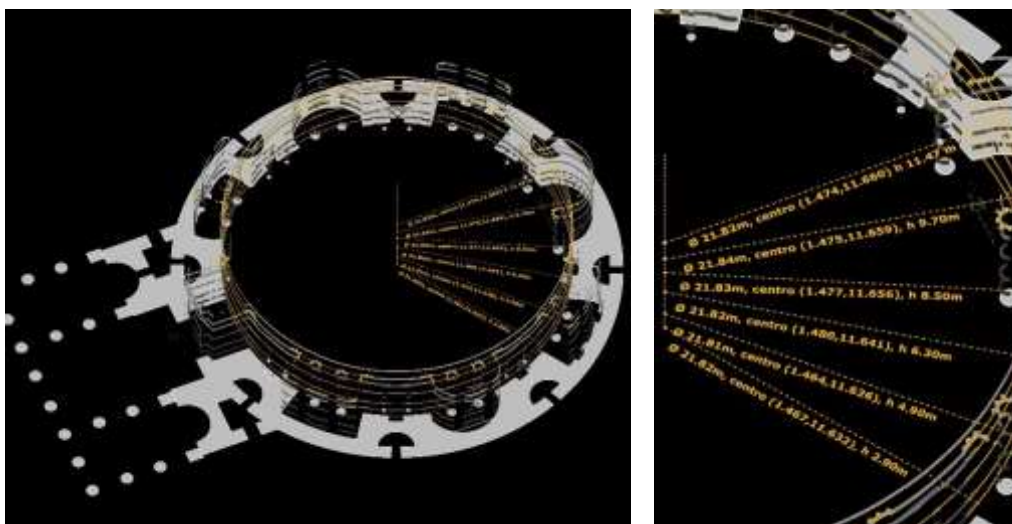


Figura 7 - Modello per la misura - Sezioni orizzontali con le circonferenze ideali.

5.1.2 La cupola del Pantheon: sezioni orizzontali, verticali e polari.

In modo del tutto analogo si è proceduto per lo studio della geometria della cupola, della quale si vogliono ricercare asse, centro e quota dell'imposta. Dal modello per la misura sono state estratte 23 sezioni di nuvola di punti di cui 14 verticali e 9 orizzontali. Queste porzioni della nuvola corrispondono all'intradosso della cupola, poiché passano sulla superficie di quest'ultima, tra un cassettone e l'altro. Nella parte sommitale in prossimità dell'oculo si è scelto di procedere ugualmente con sezioni orizzontali con lo stesso passo per uniformare la quantità di punti analizzata. Questa "selezione" dei punti della nuvola ha consentito dunque una distribuzione uniforme dei punti, escludendo i cassettoni che non influiscono sulla definizione della geometria dell'intradosso (Figura 8). Utilizzando un algoritmo di *Fit*, che sfrutta il metodo dei minimi quadrati si è cercata la migliore sfera possibile passante per l'insieme di questi punti, determinando così posizione e dimensione della cupola del Pantheon.

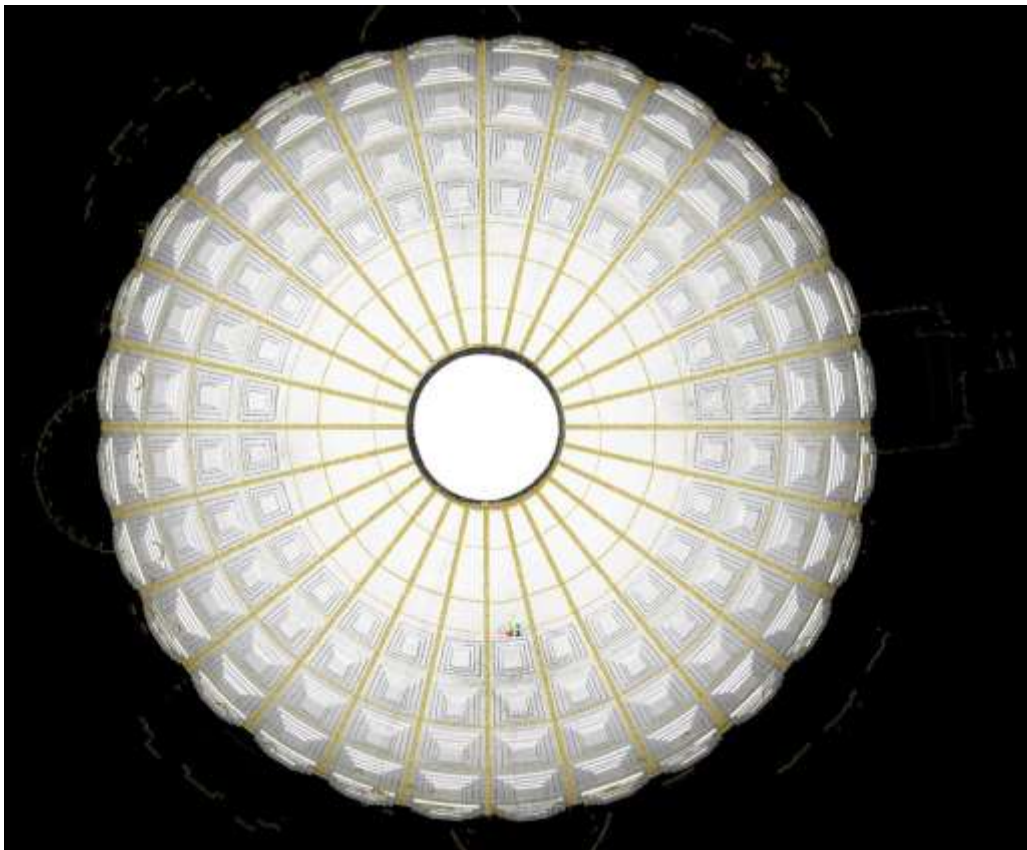


Figura 8 - Selezione dei punti appartenenti all'intradosso della cupola.

Il risultato è una sfera di diametro $43,95 \text{ m} \pm 2 \text{ cm}^8$ (raggio 21.97 m) posizionata ad una quota di $21,46 \text{ m}$ dal pavimento interno. Analogamente a quanto fatto per le circonferenze, la nuvola di punti e la sfera sono state inserite nel programma di calcolo⁹, definendo l'equazione della sfera rispetto ad un parametro (t). In questo modo è stato possibile stabilire l'errore medio, 2 cm , e massimo, 9 cm . Dalla valutazione qualitativa del dato, emerge una conferma rispetto alle analisi condotte sulle sezioni orizzontali. Le maggiori distanze dalla cupola ideale sono localizzate lungo gli assi est-ovest e nord-sud. Esattamente come già osservato, in prossimità dell'asse est-ovest i punti sono più lontani dal centro della sfera ideale, al contrario lungo l'asse nord-sud sono più vicini, interni alla sfera stessa suggerendo anche per la cupola una forma ellittica che riprenda le geometrie della pianta (Figura 9).

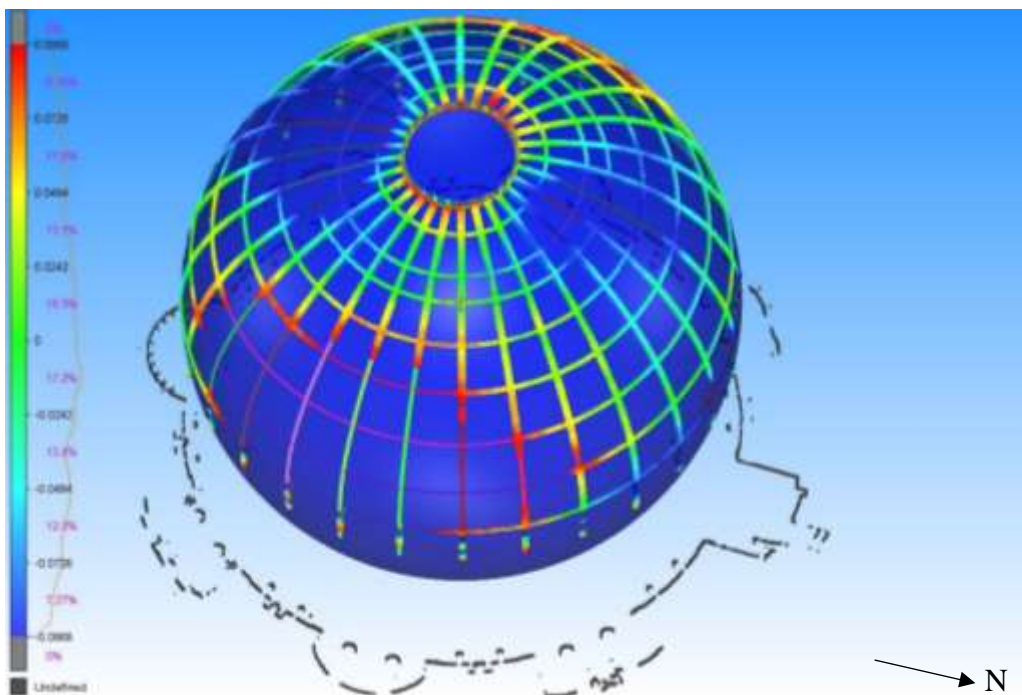


Figura 9 - Grafico delle distanze tra la nuvola di punti e la sfera ideale. Anche nel caso della cupola osserviamo lo stesso fenomeno riscontrato nella pianta. I punti si allontanano dalla sfera ideale in prossimità dell'asse est ovest.

⁸ Compatibile con la misura di 149 piedi romani valutando il piede romano uguale a 295 mm .

⁹ Wolfram Mathematica.

5.2 Il modello per la rappresentazione.

Il modello per la rappresentazione è quel modello che raccoglie tutte le informazioni e i dati ottenuti dal rilievo 3D, integrando metodologie diverse, fotogrammetria, scansione laser, rilievo diretto e topografico e ci consente di passare dalla fase del rilievo a quella della rappresentazione bidimensionale e tridimensionale¹⁰. Si tratta di un modello in cui i dati vengono selezionati e filtrati per consentire sia la rappresentazione bidimensionale, secondo le regole classiche del disegno architettonico in pianta, prospetto e sezione, sia la costruzione dei modelli generati attraverso le costruzioni geometriche. La principale caratteristica del rilievo 3D è quella di restituire in prima istanza un dato tridimensionale sotto forma di nuvole di punti, o superfici mesh, che ha bisogno di essere filtrato ed interpretato per passare dalla fase dell'acquisizione a quella della restituzione ed ottenere, disegni, immagini, piante, prospetti, sezioni. Il numero elevato di dati che possono essere raccolti utilizzando le nuove tecnologie richiede uno sforzo metodologico per il trattamento e l'analisi di questi dati che definisca, tra le altre cose, le procedure per elaborare rappresentazioni geometriche.

Come già ricordato nel capitolo 4, le nuove tecnologie per la digitalizzazione del patrimonio architettonico producono modelli discontinui (nuvole di punti) e modelli mesh (superfici adattate alle nuvole di punti) che rappresentano l'oggetto architettonico senza comprenderne le geometrie generatrici. Questo tipo di modelli che R. Migliari definisce come modelli numerici, discreti, discontinui e imperfetti in contrapposizione ai modelli matematici, continui e perfetti¹¹, trasforma gli elementi architettonici appartenenti al linguaggio classico dell'architettura, in insiemi di curve e superfici che non tengono conto della costruzione geometrica. La rappresentazione richiede al contrario una geometria esatta, che trae le sue regole dalla trattatistica e dallo studio delle architetture classiche, e che si esprime, ad esempio, sotto la forma di una sezione architettonica, costruita geometricamente¹².

¹⁰ "Il modello geometrico, sottoposto al processo di rappresentazione secondo le regole della scienza della rappresentazione, diviene modello grafico bidimensionale". Bianchini et al 2014, p. 158

¹¹ Migliari 2004, p. 63

¹² Canciani et al. 2013

E dunque la ricerca si interroga sull'estrazione delle sezioni architettoniche, geometriche, utilizzando la segmentazione delle nuvole di punti e l'analisi semantica dei dati. Si tratta di un procedimento che vede un alternarsi continuo di analisi numeriche e interpretazioni dei dati, in un confronto tra sintassi dell'architettura e dati metrici e geometrici.

La prima fase segue le classiche regole della rappresentazione architettonica e consiste nella segmentazione della nuvola di punti utilizzando piani di sezione orizzontali e verticali orientati seguendo le geometrie dell'oggetto architettonico. La prima delle operazioni è dunque la segmentazione della nuvola attraverso l'estrazione di sezioni.

La seconda fase attiene alle analisi geometriche e numeriche, la sezione della nuvola di punti, costituita da un insieme di punti nello spazio, viene trasformata con un procedimento semiautomatico, in una polilinea, si passa cioè da un insieme discreto a un insieme continuo e ordinato.

Della polilinea generata si studia la derivata prima, e si individuano "punti nodali" ogni qualvolta la derivata prima della curva si discosta da un valore minimo fissato. La presenza di questi "punti nodali" corrisponde tanto ad un passaggio tra un elemento architettonico e l'altro, quanto alla descrizione geometrica della sezione.

Il risultato di questa analisi è una ulteriore segmentazione della polilinea che introduce all'analisi semantica, nella quale interviene nuovamente quella fondamentale conoscenza dell'architettura, delle sue regole geometriche compositive e costruttive.

A partire da una biblioteca di elementi architettonici noti, appartenenti agli ordini architettonici classici, definiti in funzione sia dei criteri morfologici, sia di quelli dimensionali, si possono stabilire confronti tra questi e la polilinea individuata. Il rilievo diretto, la posizione degli elementi architettonici (basi, fusti di colonne e paraste, cornici, ecc. ecc.) e la loro sequenza guidano questo confronto fatto di moduli, geometrie e sintassi del linguaggio architettonico. Attraverso queste regole ed un confronto, "*matching*", dimensionale è stata estratta la "sezione geometrica" del Pantheon.

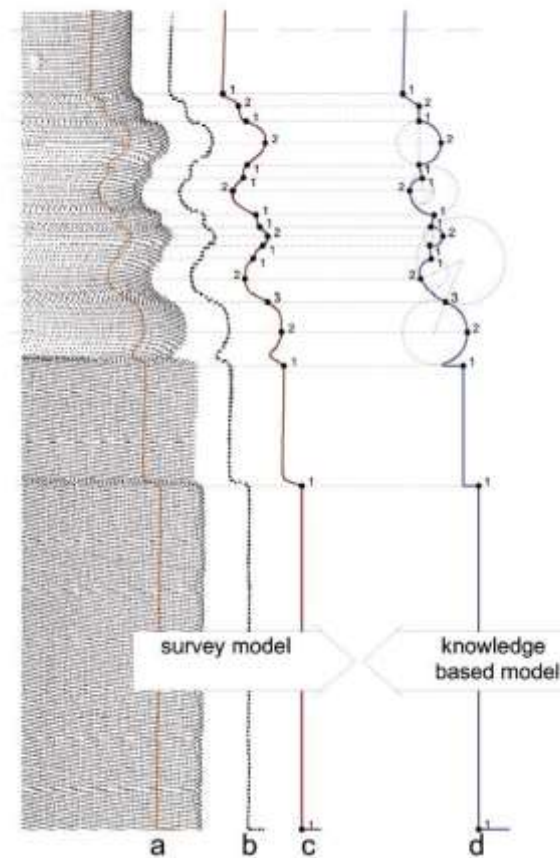


Figura 10 - Estrazione della "sezione geometrica" - Canciani et al. 2013

Questa “sezione geometrica” sarà dunque alla base di ogni futura rappresentazione dell’oggetto architettonico, verrà impiegata sia per i disegni bidimensionali, sia per la costruzione dei modelli tridimensionali geometrici.

Per poter passare ad una rappresentazione in pianta o in sezione occorre però aggiungere alla “sezione geometrica” una serie di altri elementi. Tutte le superfici in vista diretta, le proiezioni degli elementi principali delle volte, dei cassettoni, vengono estratti dal modello per la rappresentazione, che in funzione del proprio contenuto può essere definito come fotorealistico o non-fotorealistico.

5.2.1 Il modello non-fotorealistico: le piante e le sezioni del Pantheon.

Il modello non fotorealistico è costituito dall'insieme di disegni vettoriali, immagini *raster*, elaborati a partire da nuvole di punti e mesh che ha l'obiettivo di ottenere "un disegno in cui ogni aspetto richiesto dell'oggetto studiato sia conoscibile e quindi misurabile"¹³

Così come la sezione geometrica, architettonica, sfrutta le potenzialità del modello discreto generato dalla scansione laser, anche per completare il disegno di piante e sezioni possono essere definite una sequenza di operazioni che hanno come risultato finale la creazione di immagini *raster* georiferite. Il modello viene opportunamente sezionato e le sue informazioni filtrate e codificate per ottenere immagini che si affiancano alle elaborazioni grafiche vettoriali. Per poter rappresentare correttamente la pianta e la sezione si adopera una delle caratteristiche delle nuvole di punti, il dato colore. Come già ricordato nel capitolo 4, ogni punto acquisito oltre ad avere le informazioni metriche sulla sua posizione rispetto alla sorgente della misura, porta con sé un dato colore legato alla riflettanza¹⁴.

Il dato colore può essere sfruttato per il disegno delle parti in vista diretta, nel caso della pianta, ad esempio, si deve aggiungere alla "sezione geometrica" il disegno degli altari e della pavimentazione. Il modello è stato dunque sezionato a quote diverse scegliendo di volta in volta come e cosa rappresentare. La prima volta con un piano di sezione coincidente a quello della pianta (+2,16 m), la seconda volta ad una quota di poco superiore a quella del pavimento e la nuvola è stata "pulita" per escludere tutti gli elementi di rumore. Nel primo caso si è scelta una rappresentazione in grigio assegnando un valore RGB costante di ogni punto, per evidenziare in maniera uniforme tutti gli elementi in vista diretta. Al contrario per il livello della pavimentazione, è stata scelta una modalità di rappresentazione che tenesse conto del valore RGB della riflettanza espressa in scala di grigi, in modo da mettere in evidenza il disegno dei marmi policromi. In entrambe le configurazioni sono state prodotte due immagini ortografiche del modello ad alta risoluzione. Una delle caratteristiche di queste immagini consiste nel loro essere georiferite e dunque scala, posizione e sovrapposizione con la

¹³ Nel paragrafo 5.3, Dalla nuvola di punti al disegno 2D, del manuale di rilievo architettonico e urbano, (Bertocci - Bini, 2012), si fa riferimento alle procedure per interpretare, ripassare e ridisegnare gli elementi architettonici a partire dalle nuvole di punti. Il modello non fotorealistico estende questo insieme aggiungendo le rappresentazioni bidimensionali delle nuvole sotto forma di immagini *raster*.

¹⁴ cfr. 4.2

sezione geometrica sono assicurate dal sistema di riferimento comune a tutto il progetto (Figura 11 pianta 2,16).

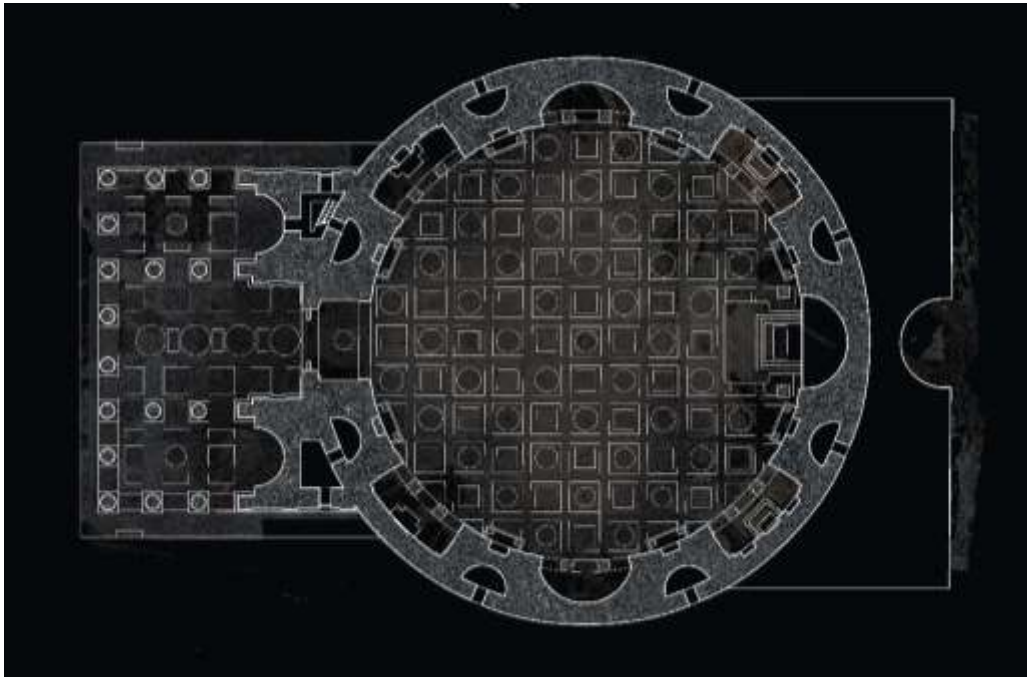


Figura 11, Pianta alla quota +2,16 m

Rimanendo nell'ambito delle rappresentazioni non fotorealistiche il trattamento e l'uso del dato colore della nuvola di punti non sono i soli algoritmi in grado di cambiare l'aspetto e la rappresentazione dell'architettura, esistono infatti alcune modalità di rendering non fotorealistico sia per le nuvole di punti sia per le superfici mesh da queste generate. Queste rappresentazioni sono legate sia alla geometria dell'oggetto sia alla posizione dell'osservatore e si differenziano se applicate alla nuvola di punti o alle superfici mesh.

Nel caso delle nuvole di punti questa "rappresentazione"¹⁵ si esprime attraverso una visualizzazione della nuvola che rende più densi i punti che si trovano nella profondità (aumenta la dimensione dei punti) e più radi i punti che si trovano su piani paralleli a quello dell'osservatore (diminuisce la dimensione dei punti), in altre parole mette in evidenza i contorni. Questa tipologia di rappresentazione

¹⁵ Come già indicato in Bertocci Bini 2012, queste metodologie di restituzione grafica non sono qualificate da strumenti o da processi automatici, ma dalle scelte del rilevatore che gestisce tutte le fasi del processo. Nonostante sia possibile individuare nel software Leica Cyclone questa modalità di rappresentazione che prende il nome di "*silhouette*" o "evidenzia contorni" il tema in oggetto resta l'uso che si fa di questo strumento ai fini della rappresentazione.

delle nuvole di punti è stata adottata come base nel disegno della sezione longitudinale, per avere un maggior risalto delle nicchie, delle finestre ad edicola e dei cassettoni (Figura 12).

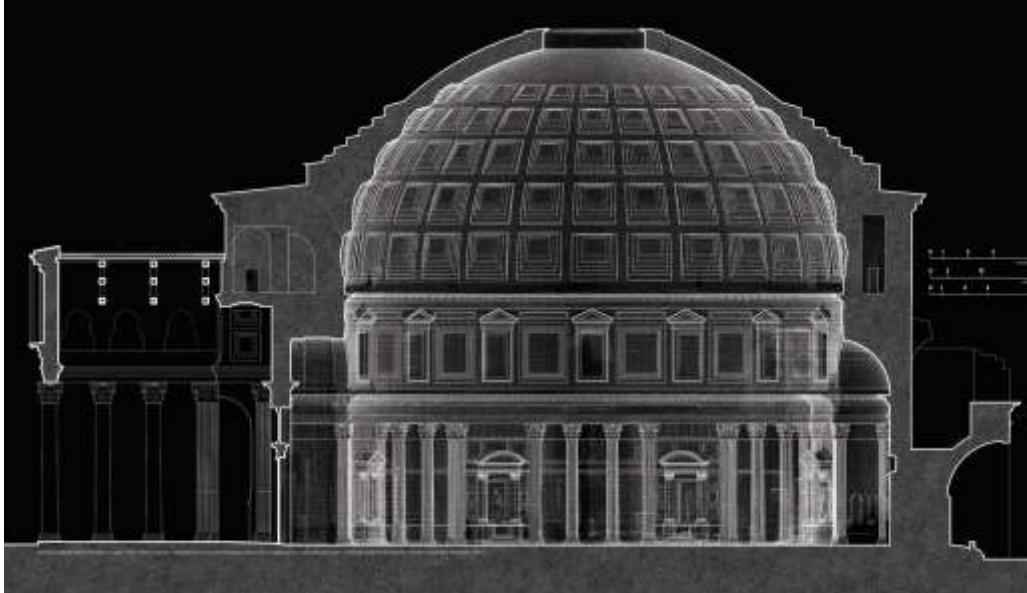


Figura 12 - Sezione Longitudinale

Nel caso delle superfici si parla di Non-Photorealistic Rendering (NPR), una tecnica di rappresentazione che sfrutta la geometria degli oggetti per tracciare linee simulando "le geometrie dell'architettura alla vecchia maniera, [...] come se fossero state disegnate a mano libera"¹⁶. L'NPR è uno strumento che lavora per restituire una forma geometrica fatta di spigoli, linee e piani, ad un oggetto, la superficie mesh, che per costruzione manca di queste caratteristiche. In alcuni casi "il disegno assistito al calcolatore, che simula sempre più fedelmente la realtà sensibile, non è sempre adatto alla comunicazione dei caratteri dell'organismo edilizio"¹⁷ rappresentare le superfici ottenute dal rilievo 3D con le modalità NPR può offrire nuove modalità espressive. Passando alla modalità "sketch" in bianco e nero l'NPR riduce la quantità di informazioni e dati contenuti in un modello di rappresentazione e questo può essere molto interessante quando si devono elaborare grandi quantità di dati¹⁸.

L'applicazione delle modalità di rendering non fotorealistiche al caso di studio ha visto l'impiego di diversi software a cominciare dal software RTSC frutto di una

¹⁶ Garagnani 2008, p. 62

¹⁷ Garagnani 2008, p. 61

¹⁸ Drap et al, 2015

ricerca dell'università di Princeton¹⁹. Nonostante questa modalità di rappresentazione nota come “sketch” o “disegno” sia molto diffusa per la rappresentazione di modelli geometrici, nel caso di superfici mesh ottenute da un rilievo 3D richiede uno studio specifico con software progettati per il singolo caso. Per analizzare le superfici del Pantheon è stato necessario ricorrere ad un linguaggio di programmazione JAVA e ad un software elaborato con una tesi di laurea presso la Computer Science Technical University of Berlin²⁰. Il software è stato studiato e modificato per poter leggere le superfici del Pantheon e produrre delle rappresentazioni di massima utilizzabile per elaborazioni successive (Figura 13).

Le superfici vengono analizzate alla ricerca di variazioni della curvatura che possono rappresentare un “bordo”, un “contorno” sostituendo ad esso una linea o un insieme di linee. In particolare l'analisi condotta sulla superficie mesh del Pantheon ha richiesto la ricerca e la definizione di una soglia minima di “creste e valli” legate a parametri specifici.

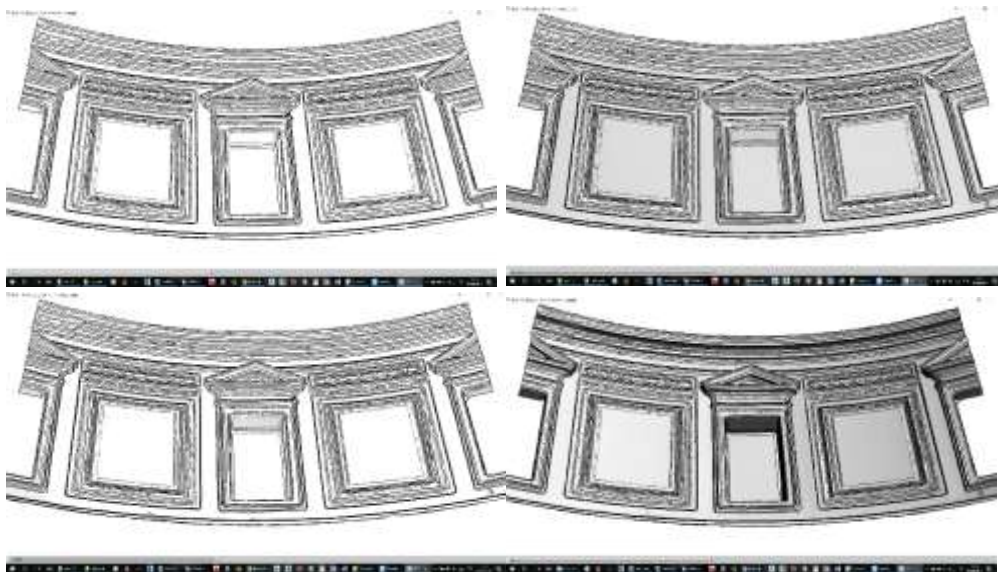


Figura 13 - Non-Photorealistic Rendering di una porzione dell'attico - La modalità non fotorealistica offre più soluzioni variando i parametri di riferimento.

Queste rappresentazioni possono fornire una base grafica sulla quale sviluppare un disegno che può essere il frutto di una integrazione tra la sezione geometrica, la nuvola di punti e il disegno tradizionale. Una rappresentazione che si avvicina

¹⁹ DeCarlo et al 2003

²⁰ Lang 2009

ai disegni realizzati nel corso del XVII secolo ma che sfrutta la precisione metrica del rilievo 3D e le potenzialità espressive del modello non fotorealistico, attraverso le risorse offerte dal disegno digitale. (Figura 14).



Figura 14 - Sezione trasversale realizzata a partire dalla base NPR

5.2.2 Il modello fotorealistico: il prospetto del Pantheon.

L'altra modalità offerta dal rilievo 3D per la rappresentazione dell'architettura è quella dei modelli fotorealistici. Come già illustrato nel capitolo 4, sia il rilievo a scansione laser sia il rilievo fotogrammetrico consentono la realizzazione di modelli 3D a cui è possibile associare il dato colore proveniente dalle fotografie, scattate o meno contestualmente al momento del rilievo.

Per la rappresentazione del Pantheon utilizzando il rilievo fotogrammetrico sono stati rilevati sia tutti gli elementi di dettaglio, sia i prospetti esterni, sia la cupola. Ognuno di questi modelli fotogrammetrici, messo in scala ed orientato usando come riferimento la scansione laser, ha fornito modelli, sezioni e immagini utili alla realizzazione dei disegni fin qui illustrati.

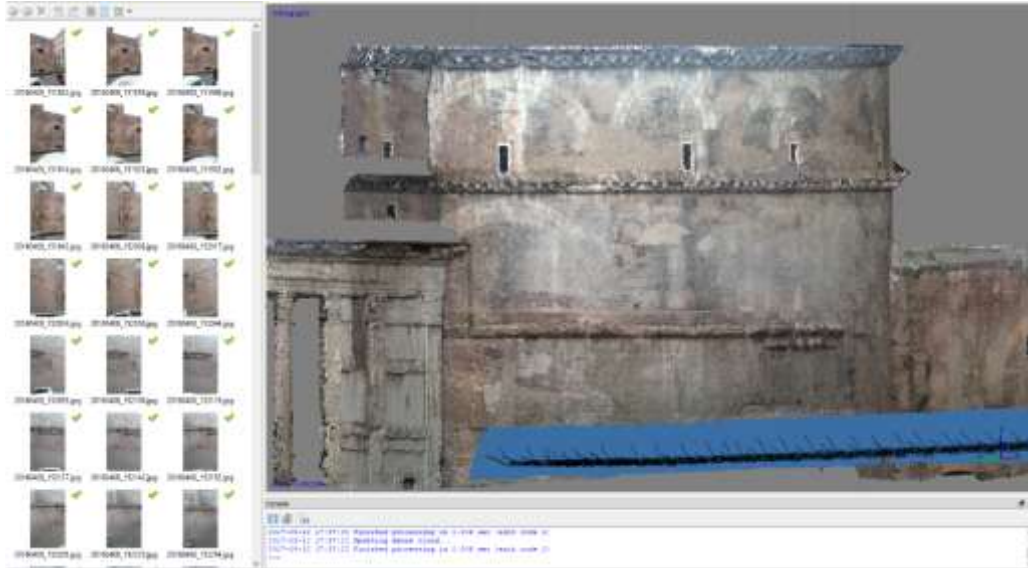


Figura 15 - Prospetto ovest - modello fotogrammetrico

Il modello fotogrammetrico è stato però particolarmente utile alla definizione dei prospetti esterni, dove il dato colore consente il confronto con i prospetti disegnati da Leclère e Chedanne (Figura 15).

Anche il rilievo a scansione laser consente la realizzazione di un modello fotorealistico passando attraverso la colorazione delle nuvole di punti. Come descritto nel capitolo 4, lo strumento, in funzione delle sue impostazioni può acquisire in due momenti diversi sia i punti, sia le fotografie, scattando dallo stesso punto da cui si è misurato. In tal modo con una operazione di proiezione le immagini vengono proiettate sulla nuvola ed i punti acquisiscono una informazione di colore RGB. Questo primo risultato, a condizione che la nuvola di punti sia sufficientemente densa, può restituire delle immagini ortografiche che possono essere utilizzate per completare ed arricchire le rappresentazioni grafiche. Ma esiste anche un'ulteriore possibilità, più interessante anche per le sue applicazioni diagnostiche, che passa per la realizzazione di una superficie mesh (cfr. 4), a partire dalla nuvola di punti sulla quale viene proiettata un'immagine raster per ottenere un modello fotorealistico. Questa modalità

consente di proiettare sul modello 3D non solo le fotografie che riportano le informazioni sul colore e sui materiali, ma anche delle immagini diagnostiche come le immagini termiche. In questo modo è possibile confrontare le immagini di riflettanza, le immagini fotorealistiche e le immagini termiche usando come base lo stesso modello tridimensionale.

5.3 Il modello geometrico e le sue deformazioni

I modelli ottenuti dal rilievo 3D e mostrati fino a questo momento, appartengono tutti alla categoria dei modelli di punti o modelli mesh, la cui principale caratteristica è quella di avere un livello di precisione metrica molto elevato, legato essenzialmente alla qualità del rilievo e dello strumento, ma una scarsa attinenza ai principi geometrici, linguistici e semantici dell'architettura classica. Come già osservato, i modelli realizzati a partire dalle nuvole di punti, derivati da un processo fotogrammetrico o frutto di una scansione laser, sono modelli che approssimano la forma dell'oggetto architettonico, e per quanto metricamente validi, difettano della conoscenza dell'architettura, perché frutto di un processo di creazione che non tiene conto delle geometrie alla base della costruzione dell'architettura. Al contrario l'estrazione delle "sezioni geometriche" e l'introduzione della lettura semantica del dato rilevato, passando per la segmentazione delle nuvole di punti, introduce alla realizzazione di un modello geometrico²¹. L'obiettivo di questo modello è quello di condurre una lettura semantica dei dati registrati attraverso l'interpretazione geometrica della forma che descrive. La creazione del modello geometrico interviene esattamente tra la fase di acquisizione e la fase di interpretazione dei dati²², tenendo conto delle relazioni di dipendenza esistenti tra queste due fasi. Per la costruzione del modello di un edificio che appartiene all'architettura classica come il Pantheon, occorre definire la categoria di "elementi architettonici" e una libreria che li contenga. Un modello così complesso necessita di una lettura semantica in grado di scomporre tutte le sue parti in elementi più semplici, che traggano informazioni numeriche dal rilievo ma che si esprimano sotto forma di macro categorie: gli "elementi architettonici". Pareti, colonne, trabeazioni, nicchie, altari, ecc., oggetti

²¹ Sull'impiego dei modelli tridimensionali nel rilievo e nella rappresentazione dell'architettura si fa riferimento ai testi di: Docci-Chiavoni-Paolini 2007; Docci-Fiorucci 2005.

²² Saint Aubin 1992

che fanno parte del linguaggio dell'architettura classica e che a loro volta sono costituiti da elementi architettonici elementari. E così il processo di costruzione del modello mira a sostituire alla miriade di informazioni, punti e mesh, informazioni semplici come linee e piani, in un processo in alcuni casi definito di reverse-engineering, ma in ogni caso tipico di qualsiasi processo di rilevamento in cui, a partire da un oggetto esistente, misurabile, si ricostruisce il processo della sua realizzazione e si interpreta l'idea di progettazione che è a monte della sua realizzazione.

In questa direzione, quella di un modello semantico, che nasce dalla lettura dei dati del rilievo e attingendo ad una banca dati interpreti le nuvole di punti per arrivare ad un modello geometrico, si muovono le ricerche del laboratorio MAP-Gamsau di Marsiglia²³ che hanno rappresentato un valido supporto per il lavoro di produzione del modello 3D del Pantheon.

Tra gli elementi di base che costituiscono il modello geometrico i più caratterizzanti, per l'architettura classica, sono certamente le modanature. La modanatura è definibile come lo strumento essenziale nella composizione delle forme di un apparato decorativo antico, ma anche come mezzo attraverso il quale la forma aggiunge alla sua geometria una espressione di senso, di appartenenza ad un determinato linguaggio stilistico, ad un determinato momento storico. Proprio dalle modanature inizia la realizzazione del modello geometrico, che trae origine dalla sezione geometrica costruita secondo il procedimento illustrato nel paragrafo 5.2. La sezione si arricchisce della terza dimensione, quella della profondità, scandita da regole semplici, appartenenti sia al linguaggio architettonico, della costruzione, sia alla geometria. La maggior parte degli elementi che costituiscono l'architettura classica anche se tridimensionali, sono stati progettati su supporti bidimensionali, in pianta prospetto e sezione, e dunque per molti di essi, in special modo per la modanatura, la geometria è legata ad una sezione bidimensionale. Quindi questi oggetti possono essere generati a partire dai profili, attraverso una combinazione di sezione geometriche e funzioni tradizionali di modellazione (estrusione, rivoluzione, interpolazione, ecc.)²⁴.

Tra le operazioni più importanti durante il processo di creazione del modello geometrico vi è il confronto con la nuvola di punti da cui esso deriva: piani, superfici di estrusione, porzioni del modello, vengono analizzate in funzione

²³ De Luca 2011

²⁴ De Luca 2011

della distanza dal dato rilevato, per garantire una rispondenza quanto più possibile esatta tra i due modelli²⁵.

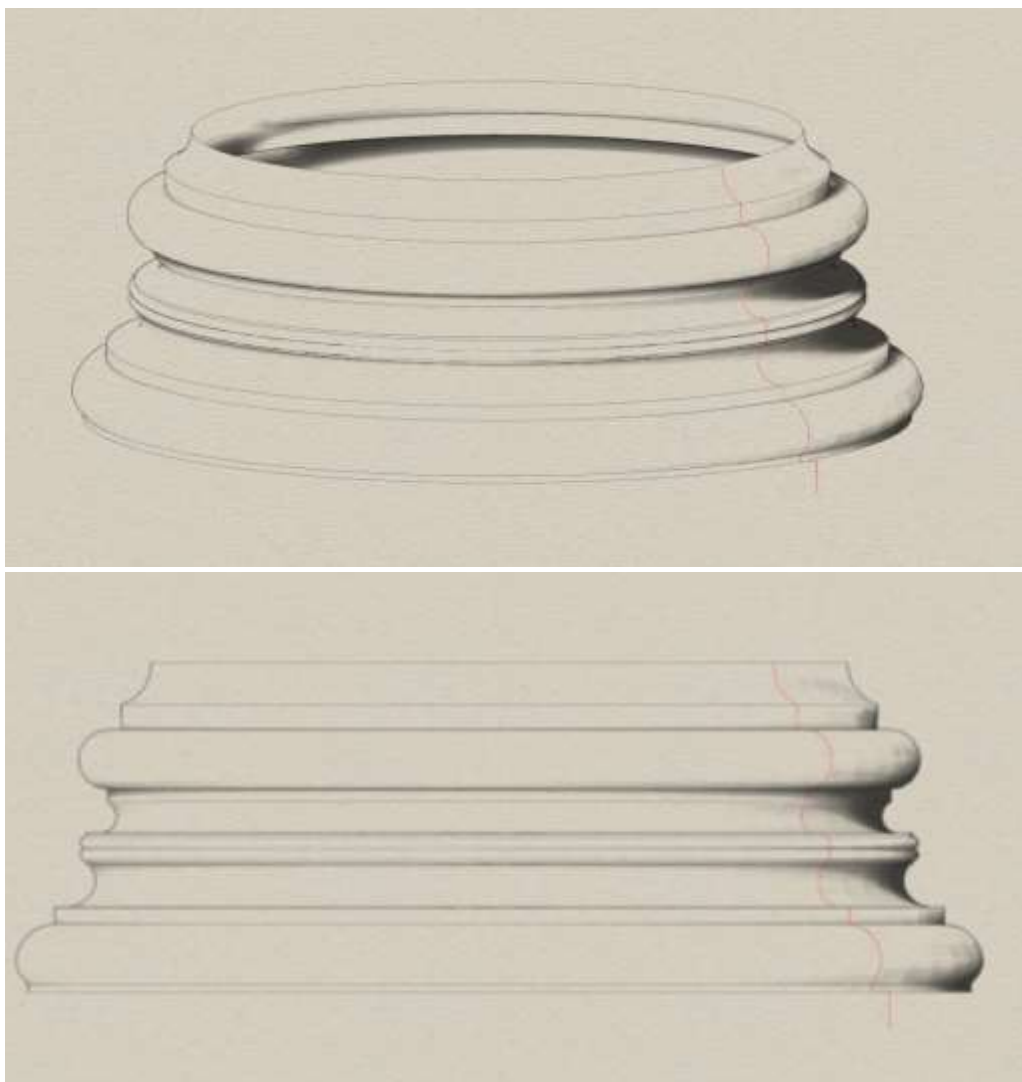


Figura 15 - Modello geometrico della base della colonna interna

5.3.1 Il modello geometrico localmente adattato o parametrico.

Una delle limitazioni insite nella modellazione tridimensionale geometrica consiste, nella maggior parte dei casi, nella ripetizione di elementi predefiniti, che, entro un certo range di errore "rappresentano" l'oggetto rilevato. Per questo motivo in alcuni casi si ricorre all'integrazione tra un modello geometrico ed un

²⁵ Cfr. 6.4

modello mesh o si utilizza quello che è stato definito come modello geometrico localmente adattato²⁶.

Nel caso del Pantheon è stato realizzato un modello con queste caratteristiche per lo studio dei cassettoni della volta. Si tratta di un modello tridimensionale parametrico, che mette insieme il rilievo 3D, la sezione geometrica della nuvola di punti e la possibilità di variare la dimensione, l'inclinazione e la posizione di ogni singolo elemento del cassettone in funzione di una coppia di variabili geometriche: due sezioni che passano per il centro del cassettone (Figura 16).

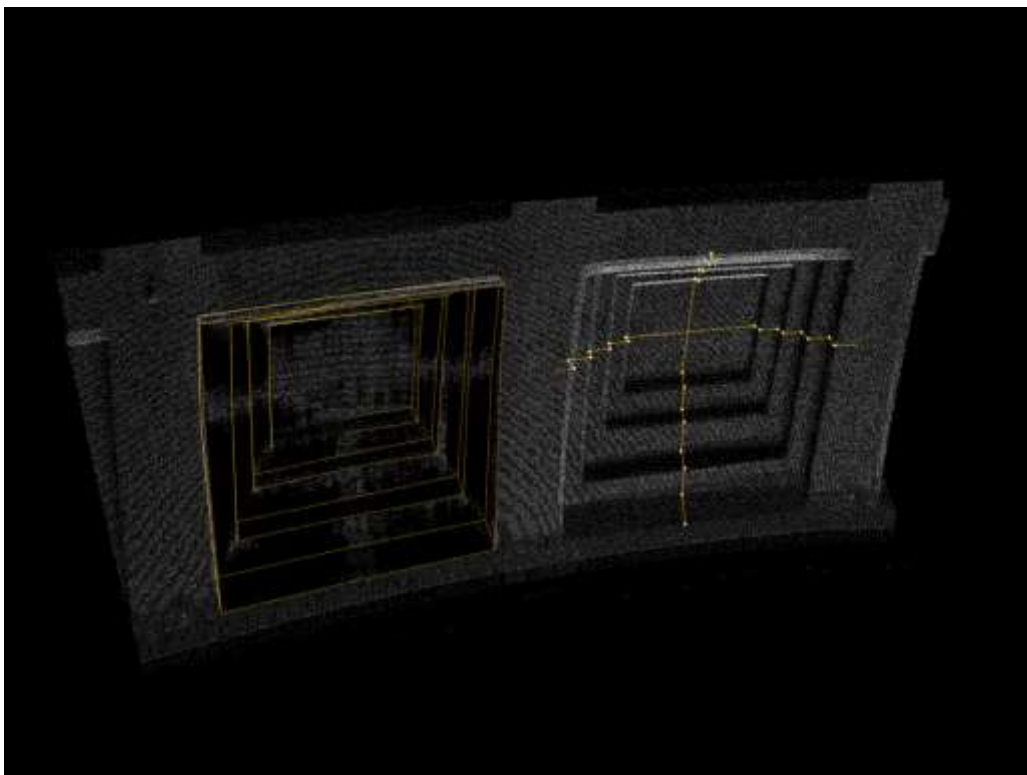


Figura 16 - Costruzione del modello geometrico localmente adattato - a sinistra le superfici del modello, a destra l'elemento parametrico: le due sezioni, verticale e orizzontale.

I piani di sezione sono individuati attraverso un procedimento geometrico, quello verticale passa per il centro della sfera ideale²⁷ e la mezzeria del lato inferiore del cassettone. Il piano per determinare l'altra sezione, quella che chiameremo

²⁶ Canciani 2013 b

²⁷ Cfr. paragrafo 5.1

"orizzontale", cambia per ogni cassettone perché ne segue l'inclinazione. In effetti non si tratta di una sezione orizzontale, è ottenuta costruendo un piano inclinato passante per tre punti, il centro della sfera, e i punti medi dei lati sinistro e destro del cassettone. Il processo di estrazione della sezione geometrica dalla nuvola di punti, consente di generare le sezioni ed i punti di controllo come mostrato in figura (Figura 17).

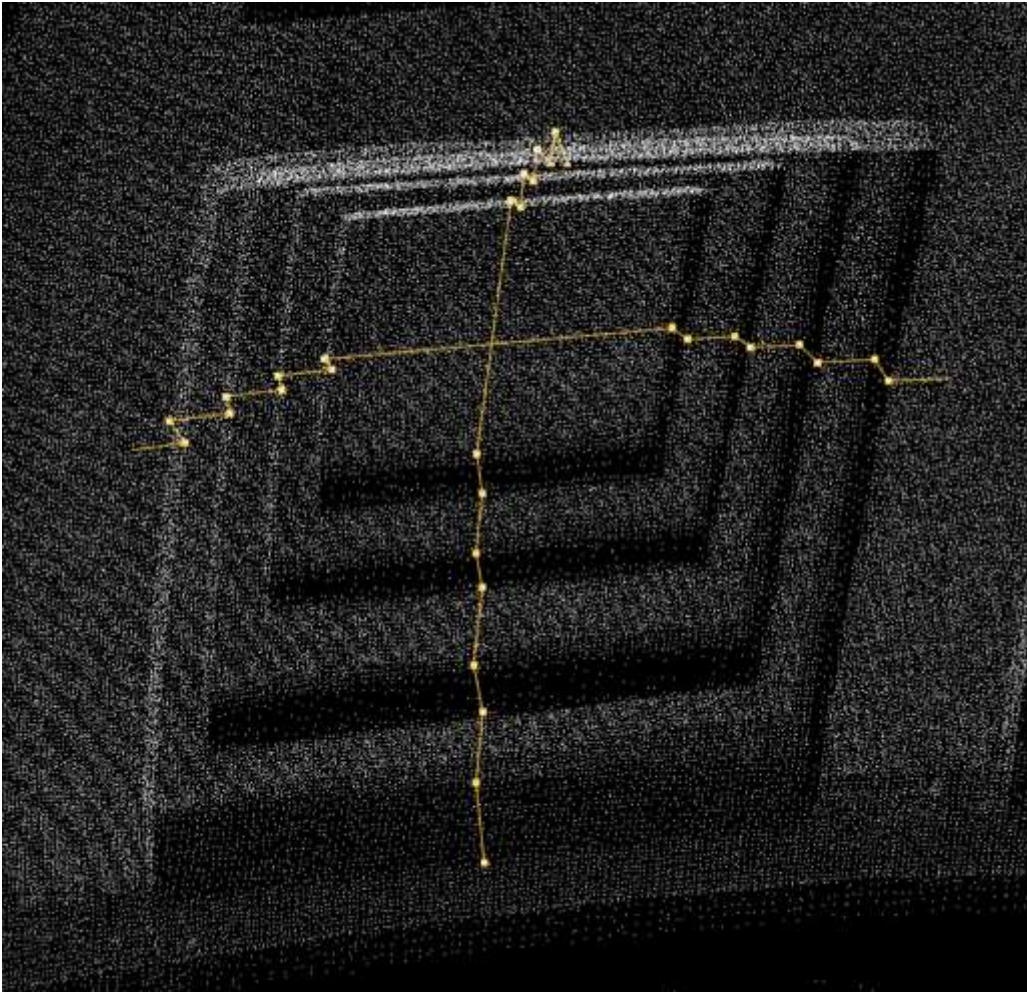


Figura 17 - Le sezioni parametriche che controllano il cassetto, in bianco i punti di controllo.

Si è quindi realizzato un cassetto "paradigma" che sfrutta i 32 punti di controllo generati dalle sezioni, a cui sono stati aggiunti altri 32 punti di controllo agli angoli creando così un modello geometrico capace di deformarsi in funzione delle sezioni. (figura cassetto paradigma e punti di controllo) Questo modello è stato tradotto in linguaggio PLY per poter essere interpretato, proiettato e

deformato utilizzando il linguaggio Java e matrici di traslazione, rotazione e deformazione. Utilizzando i 32 punti di controllo delle sezioni, è stato scritto il codice necessario a generare la matrice per realizzare tutti i 140 cassettoni a partire dai 5 cassettoni "paradigma", uno per ogni livello.

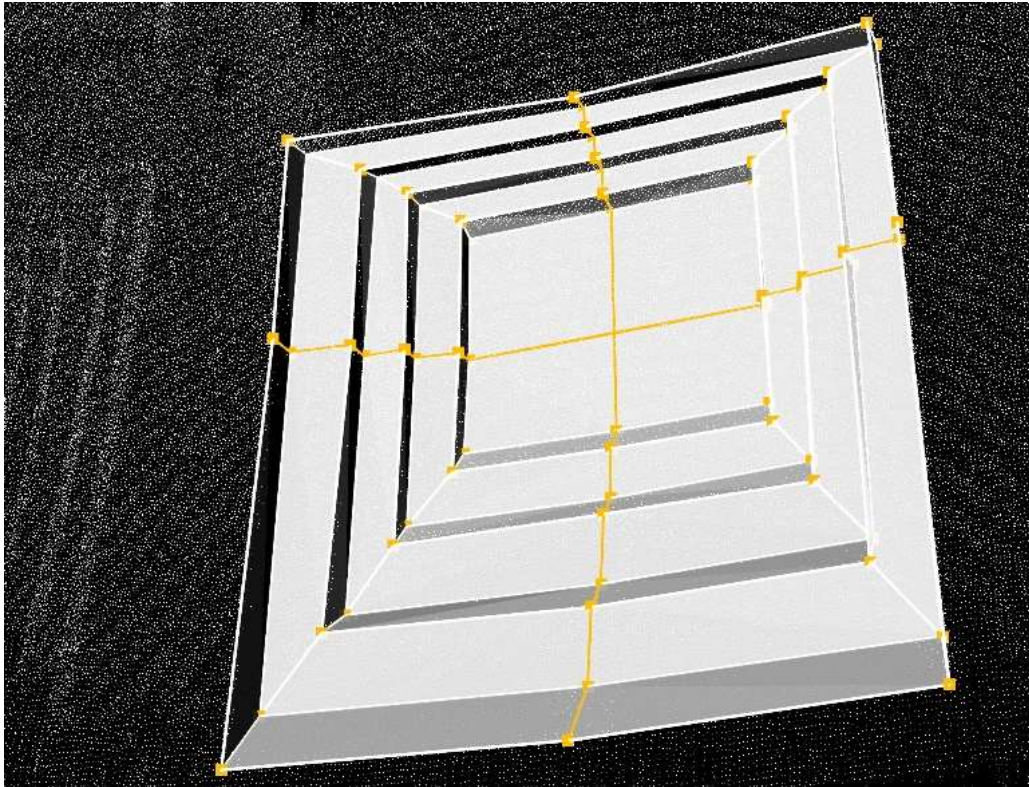


Figura 18 - Il cassettoni parametrico con i punti di controllo e le sezioni generatrici.

```

1 ply
2 format ascii 1.0
3 comment VCGLIB generated
4 element vertex 64
5 property float x
6 property float y
7 property float z
8 element face 118
9 property list uchar int vertex_indices
10 end_header
11 -1.8848 1.4076 0.7734
12 0.0114 1.3266 0.6459
13 -1.9161 0.0115 0.7305
14 -0.0241 -2.6877 0.8125
15 1.894 -0.0203 0.6569
16 0.0112 1.3647 0.4738
17 -1.9183 0.0153 0.5253
18 -0.022 -2.3417 0.5313
19 1.8656 -0.0164 0.4605
20 0.0099 1.2322 0.4563
21 -1.5354 0.0129 0.4768
22 -0.0181 -1.8874 0.464
23 1.9415 -0.0131 0.4388
24 0.0095 1.2546 0.3009
25 -1.5372 0.0161 0.3052
26 3 0 33 1
27 3 33 5 1
28 3 1 57 56
29 3 1 5 57
30 3 33 34 5
31 3 34 9 5
32 3 34 35 9
33 3 35 13 9
34 3 35 36 13
35 3 36 17 13
36 3 36 37 17
37 3 37 21 17
38 3 37 38 21
39 3 38 25 21

```

} formato del file e numero dei vertici e delle superfici

} coordinate dei vertici

} costruzione delle superfici mesh triangolari

Figura 19 - La costruzione del cassettono parametrico secondo il linguaggio PLY

Ogni singolo cassettono così costruito è stato valutato in funzione della sua prossimità ai dati provenienti dal rilievo riscontrando una distanza media dalla nuvola di punti inferiore al cm (9 mm), mentre le deformazioni, tra un cassettono e l'altro sono dell'ordine della decina di cm (11,8 cm la massima). In particolare le aree più interessate da deformazioni sono quelle sul lato est ed ovest seguendo le indicazioni provenienti dall'analisi della superficie dell'intradosso.

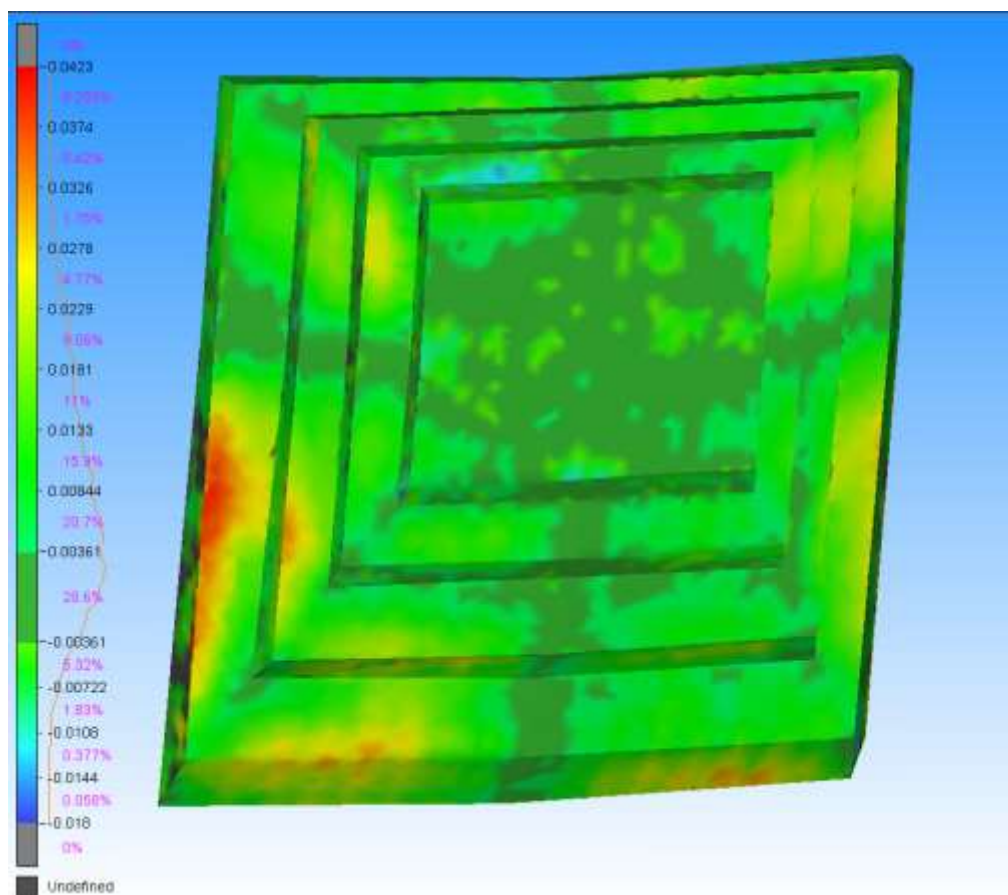


Figura 20 - Grafico della distanza tra le superfici del cassetto e la nuvola di punti.

I dati ottenuti da queste analisi possono essere integrati nel modello tridimensionale, trasformandolo in un modello "aumentato", ovvero un modello in grado di collegare superfici e dati e di compiere analisi complesse. Per realizzare questo modello è necessario utilizzare linguaggi di programmazione, tecnologie, e metodologie, (GIS 3D, Ontologie, Java, Augmented Reality) nate in ambienti scientifico disciplinare differenti, ma da qualche anno applicate con promettenti risultati allo studio dei beni culturali.



Figura 21 - Sovrapposizione tra la nuvola di punti e il modello geometrico localmente adattato.

5.4 Il modello aumentato.

La rappresentazione attraverso l'uso di modelli digitali tridimensionali, divenuta ormai consuetudine per l'architettura, a partire dall'ultimo decennio del secolo scorso si arricchisce di una linea di ricerca che si pone come obiettivo quello di collegare modello e dati²⁸. In funzione dei vari settori di applicazione e in base ai software disponibili la ricerca ha preso strade parallele, tutte con lo stesso obiettivo ma con esiti molto diversi. In alcuni casi si sono sviluppati dei sistemi GIS (Geographic Information System) estendendo la possibilità di visualizzare, interrogare e gestire i dati nelle 3 dimensioni. In altri casi per associare modelli 3D e dati sono stati utilizzati concetti (le ontologie) e linguaggi di programmazione espressamente dedicati (OWL - XML). Parallelamente a queste ricerche sono nate negli ultimi decenni modalità di rappresentazione e visualizzazione che consentono di visualizzare i modelli e i dati ad essi associati utilizzando nuovi media come la realtà virtuale e la realtà aumentata.

5.4.1 Modelli 3D e dati: GIS 3D e ontologie.

Quando ci si accinge a studiare un bene culturale, raccogliendo informazioni, effettuando rilievi 3D, compiendo analisi, si pone il problema di gestire e rendere disponibili questi dati alla comunità scientifica, anche se le fonti ed i formati sono i più diversi. Per analizzare e poi rendere disponibile questo enorme patrimonio di dati eterogenei collegati a modelli tridimensionali esistono due possibilità, una è quella di utilizzare dei database, l'altra è quella di ricorrere alle ontologie.

Nel caso dei database le informazioni vengono immagazzinate in archivi facilmente realizzabili ma che presentano alcune limitazioni strutturali. In un database, dati, concetti ed ogni tipo di informazioni vengono inseriti usando delle tabelle, ma il sistema in sé non contiene alcuna indicazione sul significato della singola informazione, né tantomeno come essa si relazioni alle altre. In altre parole il patrimonio di metadati associati alle informazioni raccolte non è facilmente individuabile, può essere collegato al dato iniziale con altre tabelle ma il legame tra esse dipende sempre dal modo in cui il database è costruito. Inoltre il sistema è vincolato dall'uso di categorie e terminologie molto specifiche che

²⁸ Zlatanova-Rahman-Pilouk 2002

possono risultare di difficile comprensione se tradotte in diverse lingue, e costringere i ricercatori a lavorare dentro procedure standardizzate molto rigide e difficilmente praticabili. La ricerca sull'uso di metadati e paradata per superare queste limitazioni dei database si fonda su una delle definizioni della Carta di Siviglia²⁹ e coinvolge numerosi ricercatori per definire una standardizzazione che consenta la condivisione dei risultati e l'interazione tra diversi gruppi di lavoro³⁰. Ciononostante negli ultimi anni l'uso di database nel settore dei beni culturali ha avuto un larghissimo impiego e strumenti come Sistemi Informativi e Gis 3D stanno sviluppando le potenzialità di gestione e visualizzazione delle informazioni. L'interesse verso queste tecnologie deriva dalla capacità di gestire ed archiviare dati provenienti da diverse fonti, geografiche, documentali, geometriche, che ha portato ad uno sviluppo sempre maggiore dei GIS, ed in particolare dei sistemi 3D GIS. Trasferire le analisi GIS alla scala dell'edificio associando i dati al modello 3D consente una completa e profonda integrazione tra specifici settori d'indagine, quali il rilievo metrico, lo studio delle geometrie, le analisi stratigrafiche, ricostruttive, le indagini materiche, la ricerca storico-documentaria, il tutto grazie ad un sistema di riferimento spaziale comune. Numerosi sono i progetti appartenenti a questa categoria, centrati sulle applicazioni al patrimonio culturale³¹, come ad esempio gli studi sul patrimonio architettonico dell'Aquila³², quelli per le mura del castello degli Onigo a Treviso³³ o più recentemente gli studi sull'insula V 1 di Pompei³⁴.

Una modalità molto diversa di associare dati ai modelli tridimensionali passa invece per la creazione delle ontologie. In informatica un'ontologia è una descrizione formale dei concetti entro un certo dominio. Una definizione piuttosto accreditata è quella data da Robert Neches nel 1991 in un articolo sulla condivisione della conoscenza, l'ontologia è: "L'insieme dei termini basilari e delle relazioni, che costituiscono il vocabolario di un'area specifica, e delle regole per combinare termini e relazioni per determinare estensioni del vocabolario"³⁵. Da un punto di vista formale, le ontologie consentono di rappresentare la

²⁹ "7.3 The incorporation of metadata and paradata is crucial to ensure scientific transparency of any virtual archaeology project. Paradata and metadata should be clear, concise and easily available. In addition, it should provide as much information as possible. The scientific community should contribute with international standardization of metadata and paradata." International Principles of Virtual Archaeology. The Seville Principles 2011.

³⁰ Forte Kurillo 2011

³¹ Koehl et al 2008

³² Brusaporci et al 2012

³³ Frassine et al 2009

³⁴ Dell'Unto et al 2016; Landeschi, et al 2015

³⁵ Neches et al 1991

conoscenza attraverso concetti e istanze collegate tra loro da relazioni, ovvero sono una descrizione della realtà e delle relazioni tra gli oggetti legate ad uno specifico dominio di conoscenza. In questo caso dunque gli oggetti rilevati, i modelli tridimensionali con tutte le analisi condotte, sono delle istanze, collegate a dei concetti più generali appartenenti all'ontologia. Ogni concetto presente nell'ontologia ha una classe omologa nella struttura in JAVA e questo ci permette di leggere l'ontologia, visualizzare gli oggetti 3D e i risultati delle analisi. Questo è possibile grazie al fatto che ogni istanza rappresenta un oggetto specifico appartenente al mondo reale, che da un lato eredita gli attributi e le relazioni delle classi da cui deriva e dall'altro contiene tutte le informazioni specifiche di quell'oggetto. Per rendere più evidente la logica con cui l'ontologia è stata costruita si propone l'esempio dell'oggetto "cassettono parametrico" di cui si è parlato nel paragrafo precedente. Solo per dare una rappresentazione parziale dell'ontologia si può dire che: il singolo cassettono (istanza) appartiene alla categoria dei cassettoni (classe) che appartiene ai sistemi di copertura (classe), che fanno parte degli oggetti architettonici (classe), i quali sono oggetti reali (classe), e quindi sono anche oggetti misurabili (classe) ed hanno una posizione precisa nello spazio (classe). In definitiva l'istanza raccoglie tutte le caratteristiche delle classi a cui appartiene ed il singolo cassettono conterrà le informazioni del tipo di copertura a cui appartiene (cupola), di quelle che sono le sue dimensioni e la sua posizione (provenienti dai dati del rilievo) (Figura 22).

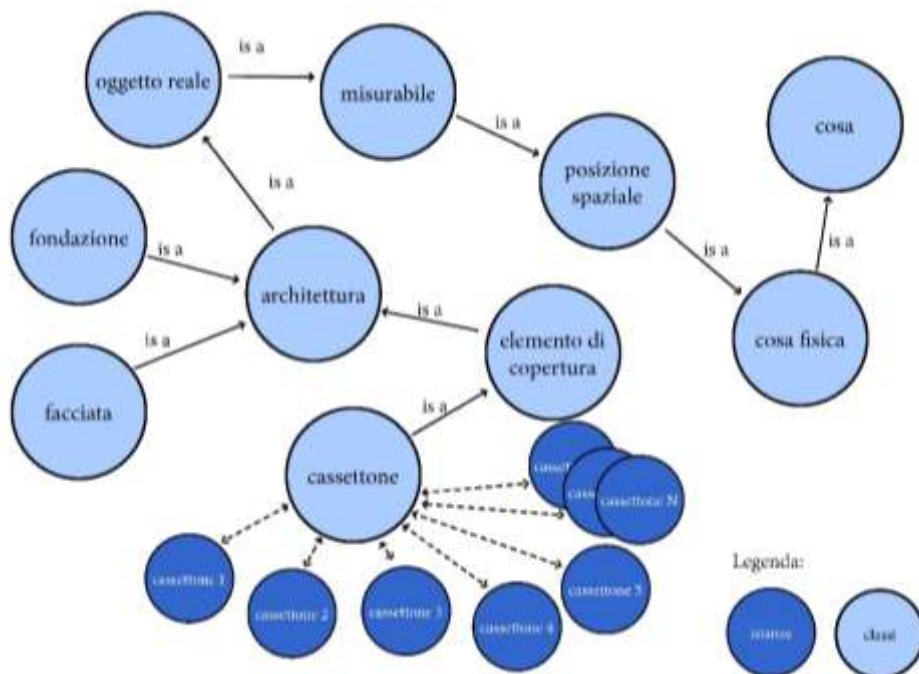


Figura 22 - Grafico delle Ontologie e delle relazioni tra le stesse.

Nel caso del patrimonio culturale l'uso delle ontologie è di interesse centrale, ad esempio l'ICOM (International council of museums) ha definito degli standard (CIDOC-CRM³⁶) per consentire "lo scambio e l'integrazione delle descrizioni, delle informazioni e della documentazione per la ricerca scientifica tra fonti eterogenee del patrimonio culturale: collezioni museali, siti archeologici, monumenti, e documentazione scientifica conservata negli archivi e nelle biblioteche"³⁷.

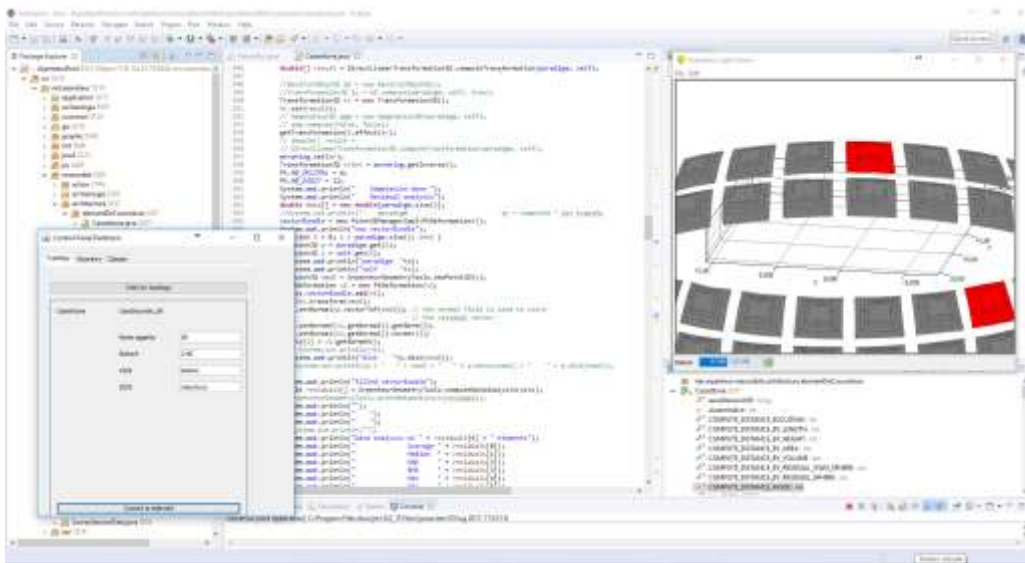


Figura 23 - L'ambiente di sviluppo Eclipse in cui sono state create le ontologie e visualizzate le istanze.

Sia in Italia³⁸ sia in Francia³⁹, l'uso delle ontologie per lo studio del patrimonio architettonico e archeologico rappresenta una linea di ricerca tutt'ora aperta e con importanti possibilità di sviluppo. In particolare nello studio del Pantheon si fa riferimento alle ricerche condotte dal CNRS (*Centre National de la Recherche Scientifique*) grazie alla collaborazione con il laboratorio I&M di Marsiglia diretto da Pierre Drap⁴⁰.

Nel caso del "cassettoni parametrico", si è lavorato con concetti equivalenti a quelli contenuti nel CIDOC-CRM, (oggetti architettonici, coperture, ecc.) in

³⁶ I cui sviluppi per l'archeologia sono descritti in Niccolucci-Hermon-Doerr 2015

³⁷ Biagetti 2016

³⁸ Apollonio-Baroncini-Baldissini 2011

³⁹ Meyer et al 2007

⁴⁰ Drap et al 2017

modo da poter allineare l'ontologia ad un sistema codificato e universalmente riconosciuto per rendere disponibili i risultati dello studio ad un panorama scientifico più vasto, aperto alle ricerche di tipo semantico.

Per ogni cassettoni oltre ai dati geometrici, grazie i quali sono possibili alcune analisi numeriche, si affiancano dati relativi ai restauri documentati del 1929 e del 2005 (Figura 23). Le mappature del degrado e gli interventi riportati sulla carta da Terenzio prima e da Belardi poi, vengono associate ai cassettoni ed il dato viene immagazzinato legato all'oggetto che ne restituisce la sua posizione spaziale.

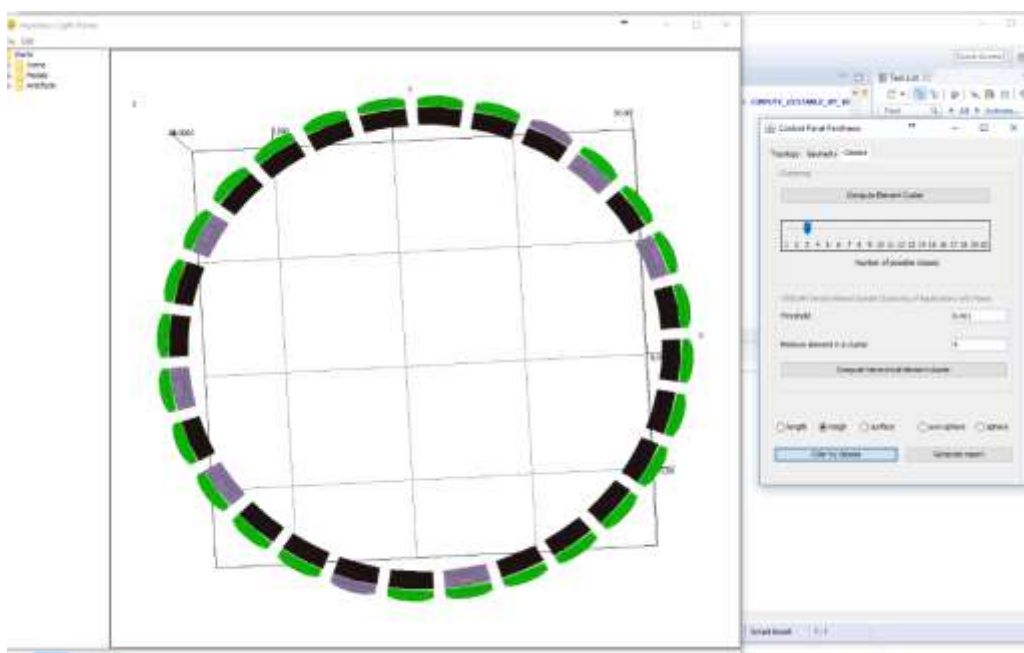


Figura 24 - Grafico delle deformazioni delle dimensioni dei cassettoni. Classificazione dei cassettoni in funzione della deformazione.

Le analisi condotte, di tipo numerico e geometrico attengono tanto alla posizione, quanto alla dimensione e deformazione del singolo cassettoni rispetto a quelli adiacenti. Ciò consente di visualizzare le trasformazioni effettuate per adattare il modello del cassettoni ai 32 punti di controllo, verificando quali hanno subito maggiori trasformazioni (Figura 24). In questo modo è possibile controllare se la geometria del cassettoni segue o meno quella della cupola e pertanto supportare alcune considerazioni sulle fasi e le modalità costruttive⁴¹.

⁴¹ Cfr. 6.3

5.4.2 la realtà aumentata come strumento di conoscenza.

Tra le più interessanti modalità di visualizzazione e rappresentazione dei modelli tridimensionali rese disponibili dal progresso tecnologico dei dispositivi multimediali di uso comune (smartphone e tablet) vi sono la realtà virtuale (VR - *virtual reality*) e la realtà aumentata (AR - *augmented reality*).

La realtà aumentata può essere definita come "l'insieme delle circostanze in cui un ambiente reale è "aumentato" mediante oggetti virtuali"⁴², o meglio: "La realtà aumentata è quella tecnologia di restituzione digitale caratterizzata dalla sovrapposizione a elementi reali di livelli informativi aggiunti (elementi virtuali e multimediali, dati geolocalizzati, ecc.) visualizzabili attraverso specifici dispositivi di visione – dai semplici monitor agli occhiali o binocoli virtuali, fino ai più recenti e diffusi personal devices come, tablets e smartphones"⁴³.

In una ipotetica linea in cui ad un estremo c'è il contesto reale e all'altro un ambiente virtuale, l'AR si colloca in mezz'aria poiché il suo obiettivo è quello di popolare con "oggetti" virtuali il contesto reale (Figura 25).

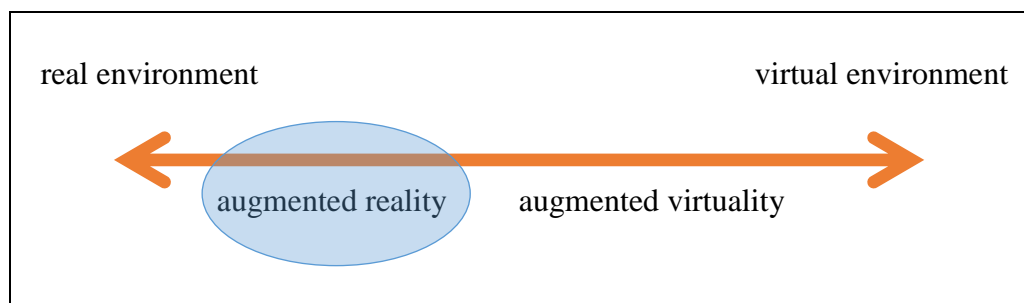


Figura 25 – La definizione di Realtà Aumentata di Milgram - Kishino

L'uso della AR nel settore dei beni culturali ha avuto negli ultimi anni un incremento notevole, soprattutto grazie alla diffusione di dispositivi personali con elevato potenziale tecnologico come *smartphone* e *tablet* che consentono una "esperienza", una fruizione del bene, moderna, dinamica e coinvolgente⁴⁴.

⁴² Milgram-Kishino 1994

⁴³ Bonacini 2014

⁴⁴ Canina et al 2008

Così come nel campo della fruizione, anche nel campo della ricerca questi strumenti possono essere altrettanto interessanti, se utilizzati per comprendere e studiare i fenomeni sovrapponendo in tempo reale molti livelli di informazione, visualizzandoli per effettuare confronti e verifiche. E' il caso di alcune applicazioni studiate presso il Dipartimento di Architettura dell'Università degli studi di Roma Tre aventi come caso di studio le Mura Aureliane⁴⁵ e la ricostruzione virtuale dell'Arco di Tito al Circo Massimo⁴⁶.

In particolare per analizzare e rendere immediatamente leggibili alcune tematiche relative allo studio del Pantheon si è scelto di utilizzare la AR, nelle sue più diverse modalità espressive. Per mettere in evidenza le analisi condotte sui rilievi di Desgodets, Piranesi, Solari, Leclère, Chedanne, e Beltrami è stato realizzato un progetto che contiene livelli informativi sovrapposti, multimediali ed interrogabili. I disegni sono stati raccolti e stampati in un album, nel formato 50 x 70 o 100 x 70. Un'applicazione per smartphone e tablet, dedicata alla realtà aumentata⁴⁷, ha consentito di usare questo media, sfruttando tutte le sue potenzialità.

Il primo livello rappresenta l'analisi metrica condotta sui disegni, che riporta le dimensioni del disegno nelle differenti unità di misura, con particolare attenzione alle scale di rappresentazione e a tutte le annotazioni inerenti.

Il secondo livello informativo pone l'accento sui contenuti del disegno, mettendo a confronto, quando disponibili, le differenti versioni ma più in generale mettendo in evidenza "quale" Pantheon viene rappresentato⁴⁸.

Il terzo livello informativo pone l'accento sugli aspetti più propri della rappresentazione, mostrando le scelte relative a luci ed ombre, il modo di tracciare le geometrie, e tutte le annotazioni presenti a margine del disegno stesso. Inoltre sulle tutte le piante si possono caricare *in situ* le corrispondenti rappresentazioni in sezione per completare il disegno nella terza dimensione.

Il quarto livello consiste nel confronto, sovrapposti gli uni agli altri i disegni possono essere analizzati simultaneamente per confrontare e sottolineare le differenze.

I risultati principali di questa applicazione sono da ricercarsi sia nella nuova possibilità di lettura dei documenti grafici, una lettura comparativa, che rende immediatamente disponibile il confronto, sia nell'uso didattico e comunicativo

⁴⁵ Canciani et al 2016

⁴⁶ Canciani-Pastor-Saccone 2017

⁴⁷ www.blippar.com

⁴⁸ (Cfr. 3)

dei risultati dello studio, che vengono sovrapposti al documento originale per una più chiara esposizione (Figura 26-27-28).

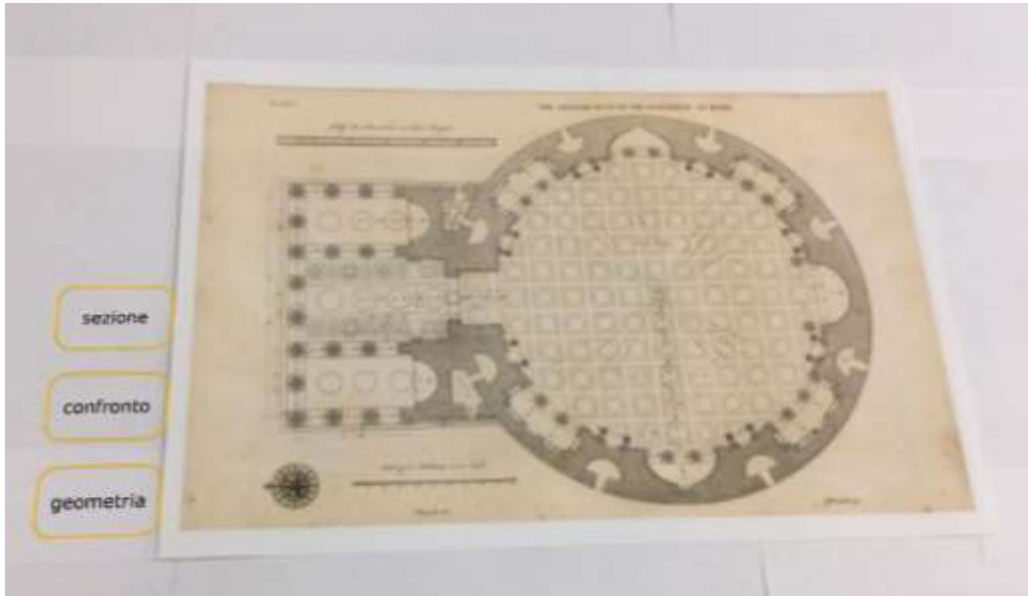


Figura 26 - Il principio base della realtà aumentata è quello di poter sovrapporre contenuti virtuali ad un oggetto realmente presente nella scena. Nell'immagine una pianta di Desgodets accanto alla quale vediamo il "menu" virtuale con i contenuti aggiuntivi.

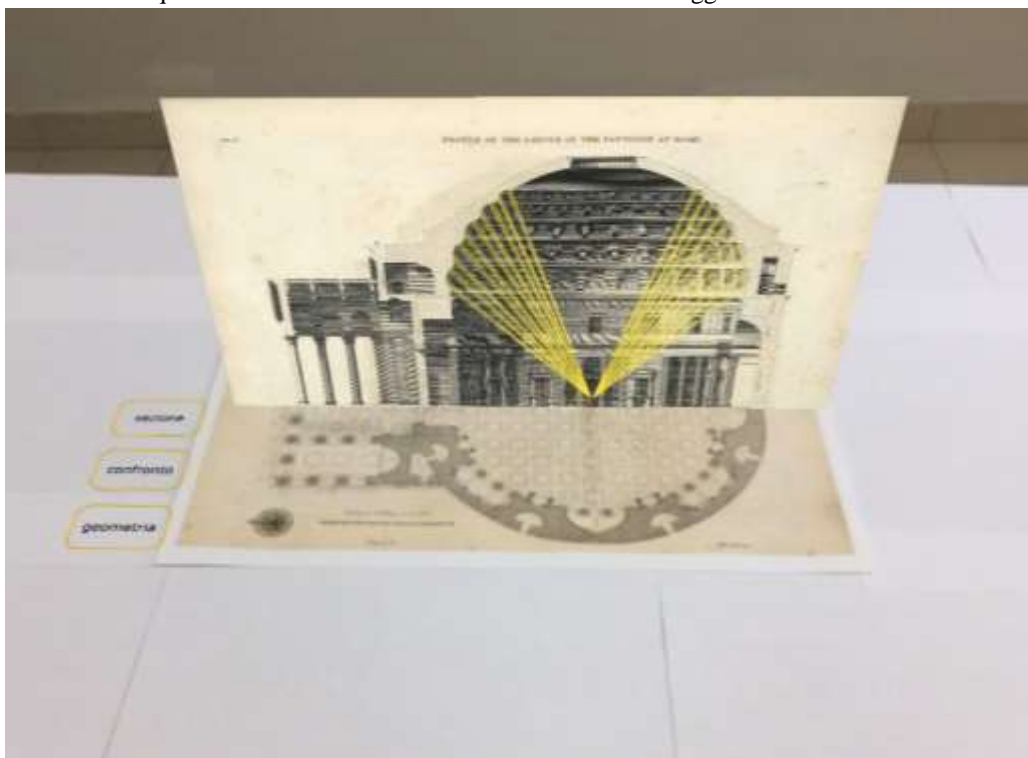
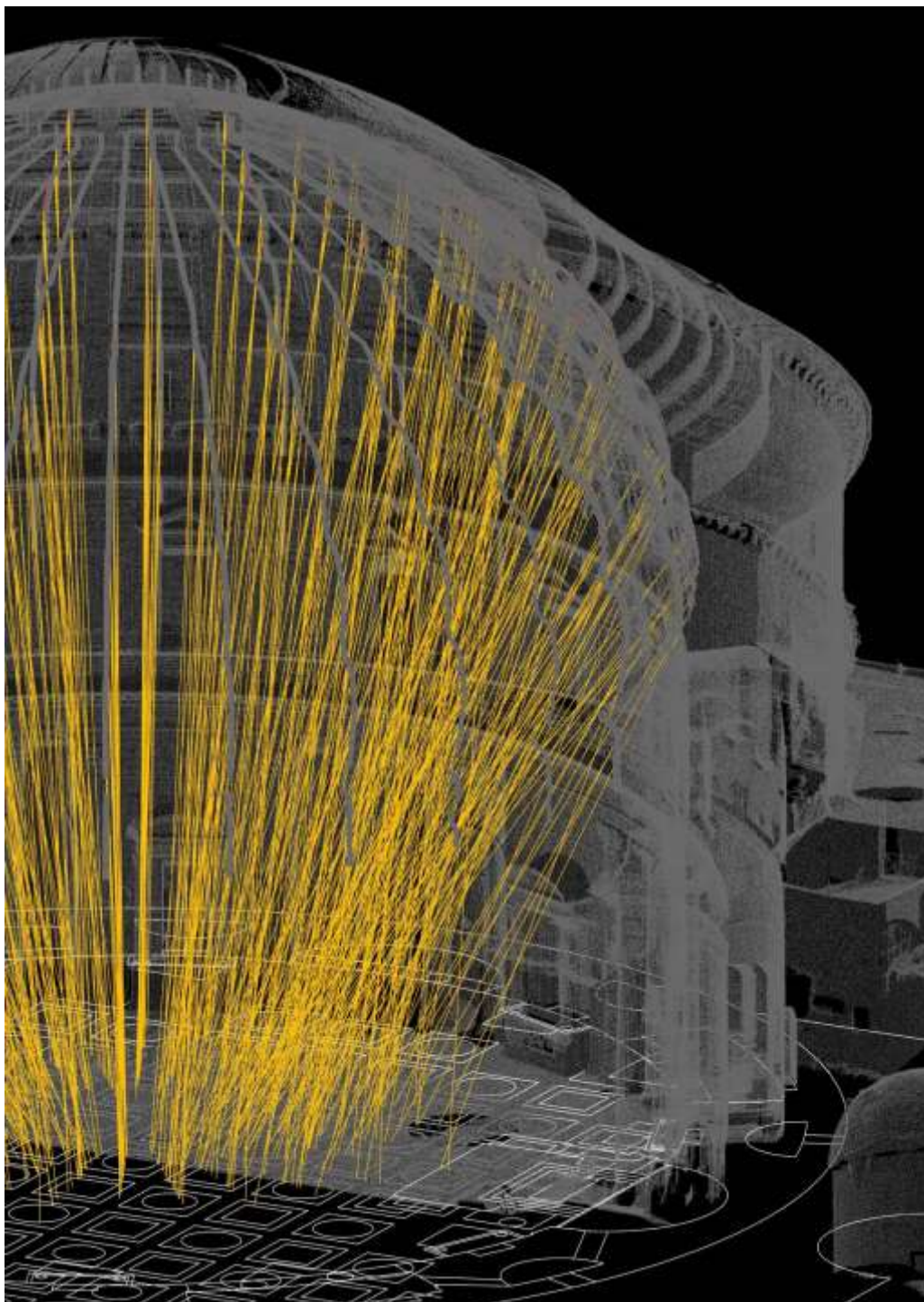




Figura 27 - Scegliendo uno dei contenuti tematici sulla pianta vengono sovrapposti disegni, modelli tridimensionali ed elaborazioni grafiche. In questo caso la sovrapposizione Pianta - Sezione che mostra l'inclinazione dei lati dei cassettoni secondo Desgodets.

PARTE 3°
LO STUDIO DELL'ARCHITETTURA ANTICA: IL
PANTHEON TRA I RILIEVI DEL XIX SEC E I DISEGNI
DIGITALI.

Capitolo 6
L'ANALISI TEMATICA.



L'analisi dei disegni e dei rilievi del Pantheon tra il XVII e il XIX secolo ha fatto emergere numerosi temi relativamente alla geometria, la costruzione, la rappresentazione di questo monumento. Il rilievo integrato, realizzato in più fasi tra il 2009 e il 2016 con strumentazioni e tecniche contemporanee di cui nel capitolo precedente sono stati messi in luce alcuni aspetti, ha fornito un elemento per il confronto, sia tra i disegni del passato, sia tra questi e le nuove rappresentazioni. Di seguito le analisi tematiche si avvalgono delle nuove piante e sezioni come elementi di riferimento per valutare come nei disegni del passato fossero state rilevate, rappresentate e interpretate le dimensioni, la geometria e la forma del Pantheon. L'obiettivo di questi confronti, che tengono conto anche di altri rilievi e studi più recenti, è quello di permettere un'analisi puntuale dei disegni di rilievo e, contemporaneamente, di confermare o meno ipotesi e interpretazioni.

6.1 Geometria, forma e dimensioni.

6.1.1 i disegni del Pantheon e le scale di rappresentazione.

Prima di mettere a confronto i rilievi del Pantheon occorre evidenziare l'aspetto delle diverse scale di rappresentazione che gli autori hanno scelto per riportare i loro disegni. Alcune imprecisioni di cui parleremo in questo capitolo sono infatti imputabili alla riduzione in scala per la rappresentazione, altre invece attengono alle scelte dei singoli autori nel disegnare le piante e le sezioni. I disegni di Desgodets ad esempio sono destinati ad una pubblicazione. Questo vincola il formato ad una dimensione massima di 320x460 mm con le piante che si sviluppano su due pagine intere. La dimensione del foglio comporta un disegno con una scala di riduzione pari a circa 1:200, uno dei più piccoli tra quelli analizzati.

Più grandi saranno i disegni di Solari, Annibaldi e Demesmay che lavorano per il concorso Clementino del 1754, in questo caso i fogli hanno una dimensione di

circa 600x900 mm, che si avvicina allo standard del foglio formato elefante¹. Su di essi gli autori riportano le piante ad una scala di circa 1:125, un rapporto di scala leggermente più ridotto rispetto a quello usato due anni dopo da Giovan Battista Piranesi, che disegna all'incirca in scala 1:100. Più grandi ancora sono i disegni di Leclère e Chedanne con una scala di riduzione intermedia, compresa tra 1:50 e 1:100 (Figura 1)².

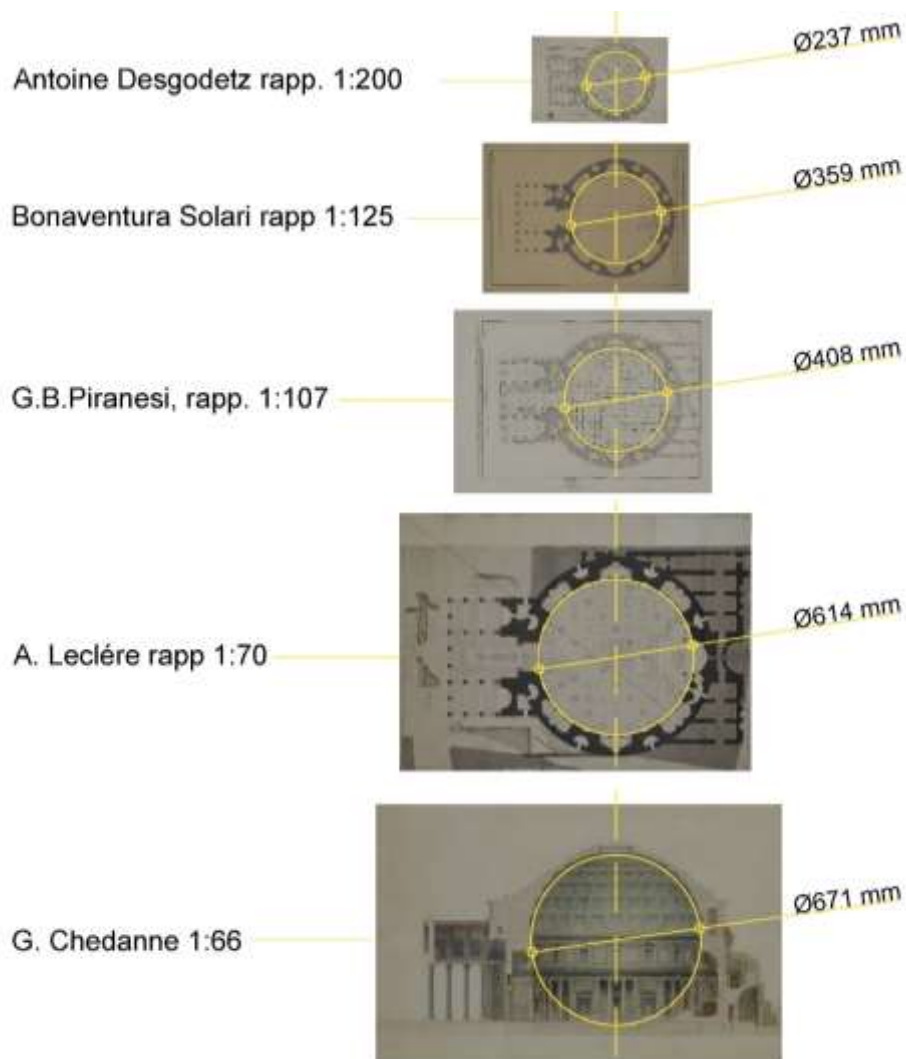


Figura 1 - Le piante del Pantheon a confronto rispetto alle loro scale di rappresentazione.

¹ Ch. Mortet, *Le format des livres, notions pratiques suivies de recherches historiques*, Paris, 1925.

² Nel caso di Chedanne sugli elaborati troviamo l'indicazione "echelle de 0.015 pour metre" che corrisponde ad un rapporto di scala di circa 1:66.

6.1.2 La pianta del Pantheon tra forma e dimensione.

Nel disegnare le piante del Pantheon uno dei temi principali consiste nell'interpretazione della sua geometria. Autori come Desgodets, Piranesi e Leclère, se pure con una certa approssimazione avevano rilevato delle differenze sull'asse nord-sud ed est-ovest notando che la pianta non poteva essere rappresentata con un cerchio perfetto. Nelle analisi che seguono si confrontano i disegni sia con la circonferenza ideale estratta dalla nuvola di punti, sia con il modello ellittico che meglio approssima la reale geometria della pianta (cfr. 5.1).

Desgodets, realizza un disegno piuttosto complesso, per ogni cappella disegna un arco di cerchio pari ad $1/8$ della circonferenza totale, il vano d'ingresso e l'altare seguono invece la geometria della cappella adiacente (Figura 2). Ognuno degli archi di cerchio ha un proprio centro leggermente spostato rispetto agli altri ma utile per rappresentare le differenze metriche tra le misure rilevate.

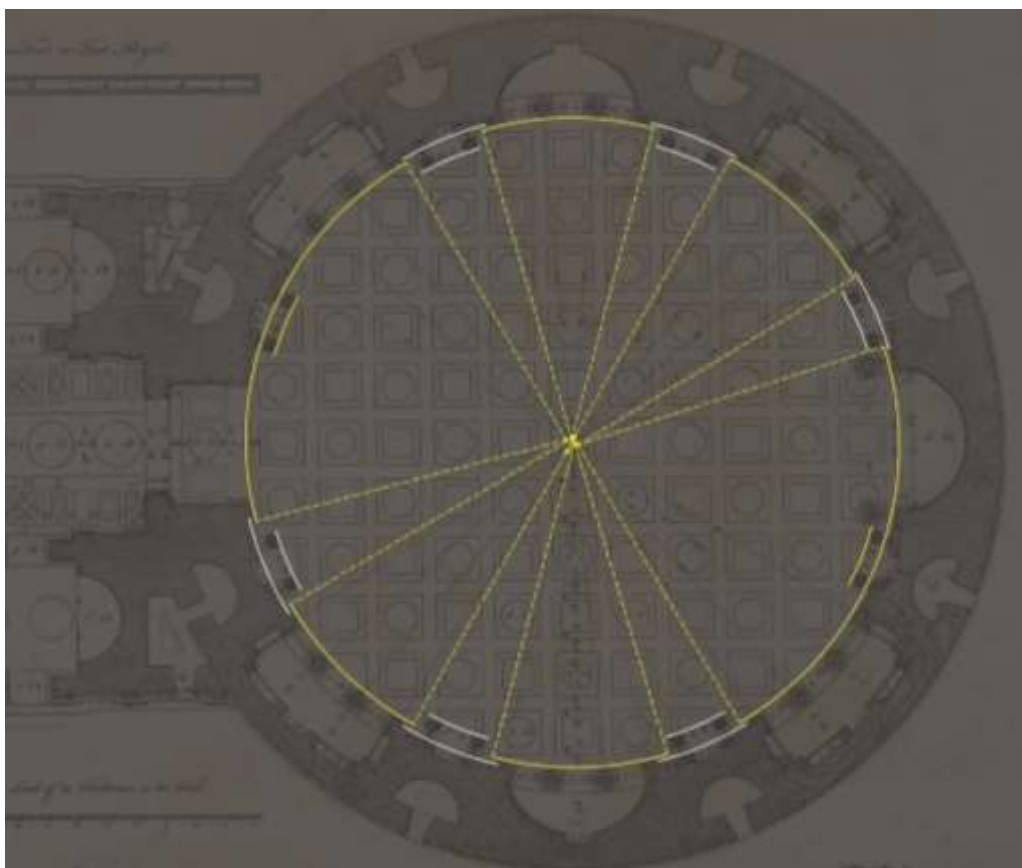


Figura 2 - La geometria della pianta realizzata da Desgodets - Ogni settore tra un'edicola e l'altra ha un centro e una circonferenza diversa.

Sono proprio le differenze tra le dimensioni, che egli annota sul disegno in tutte le versioni a partire dal primo manoscritto, ad indurlo a scegliere questa geometria. Le numerose quote tra parasta e parasta o tra colonna e colonna, riportano delle variazioni nell'ordine di ± 20 cm sui due assi nord-sud ed est-ovest. Desgodets annota la misura più grande sull'asse est-ovest, 133' 7" in piedi e pollici che corrispondono a 43,39 m mentre la minore è di 133' 0" e 1/2 ovvero 43,21 m, e si trova sull'asse nord-sud. C'è però da sottolineare una mancanza di corrispondenza tra le quote riportate sul disegno e la scala grafica. Come già osservato nel capitolo 3, Desgodets posiziona sull'elaborato una scala grafica in *toise du chatelet*, ma solo nelle versioni a stampa del disegno, mentre nel manoscritto non ve n'è traccia. Questo inserimento tardivo può aver comportato un errore, infatti effettuando una serie di misurazioni sul disegno che rispetta la scala grafica troviamo errori consistenti, ad esempio la suddetta quota di 43,39 m (133' 7") misura in effetti 42,94 m. Dunque la scala grafica non può essere usata come riferimento metrico attendibile ma occorre riportare il disegno in scala rispettando il valore nominale delle quote. In questo modo il risultato delle misurazioni è invece molto vicino alla misura ottenuta con il rilievo strumentale (cfr. cap5). Se il diametro della circonferenza ideale inscritta nel Pantheon misura 43,66 m ± 3 cm, nel disegno di Desgodets riportato alla giusta scala la stessa circonferenza ideale misura 43,88 m con uno scostamento dello 0,5% dalla misura strumentale. Valutando invece le differenze con il modello ellittico, (Figura 3) gli scostamenti si abbassano allo 0,4%.

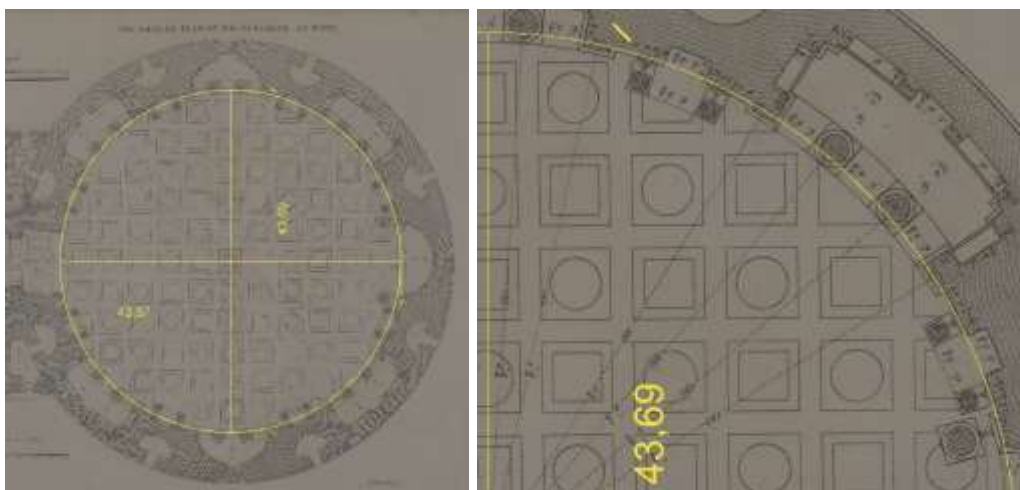


Figura 3 - Confronto tra la pianta di Desgodets e il modello ellittico - Il disegno si avvicina maggiormente a quello di Desgodets ma lo scostamento è ancora evidente.

Ricordando gli errori di graficismo legati alla scala e ai differenti centri del disegno, si può certamente convenire con il titolo della raccolta di disegni di Roma, che in effetti Desgodets abbia "*mesurés très exactement*".

Sia la pianta di Bonaventura Solari, sia quella di Giuseppe Annibaldi hanno una geometria molto più semplificata. Sul foglio da disegno, al centro del Pantheon troviamo la traccia del compasso ed in effetti il segno è continuo e regolare, entrambi non tengono conto delle differenze tra gli assi nord-sud ed est-ovest, tracciano un cerchio perfetto e su quella base iniziano a rappresentare la pianta. In entrambi gli elaborati mancano le quote ma è presente una scala grafica di 100 palmi romani grazie alla quale si possono ricavare le dimensioni del monumento (Figura 4). Il Pantheon di Solari ha un diametro di 44,09 m mentre quello di Annibaldi 42,52 m. Sebbene i partecipanti al concorso Clementino del 1754 siano i primi a disegnare la chiesa con i suoi altari e le sue trasformazioni (cfr. cap. 2) il loro rilievo, dal punto di vista geometrico e metrico non è particolarmente accurato. Il confronto con la circonferenza ideale generata dalla nuvola di punti restituisce per Solari un errore doppio rispetto a quello di Desgodets (1 %) e per Annibaldi del 2,6 % con l'aggravante che in entrambi i casi il disegno è molto molto più grande del disegno di Desgodets (Figura 1).

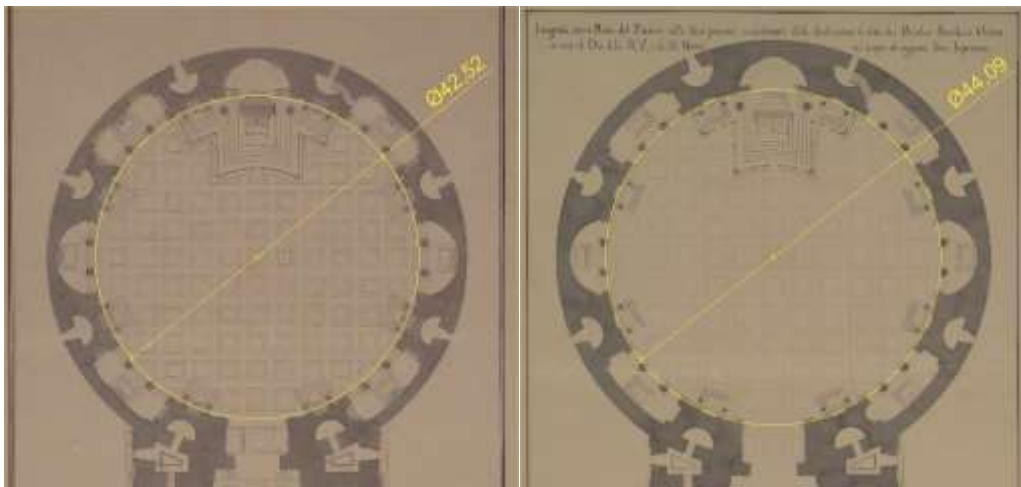


Figura 4 - A sinistra la pianta di Annibaldi a destra quella di Solari - Entrambi gli autori disegnano un Pantheon perfettamente circolare ma con diametro sensibilmente diverso.

In confronto, il rilievo di Piranesi è molto più accurato, la forma della pianta è policentrica, simile a quella disegnata da Desgodets, e rispetta le differenze metriche che egli rileva e riporta nelle quote lineari. Piranesi misura il diametro tra parasta e parasta e nota la lunghezza maggiore dell'asse est-ovest, 195 palmi 0 once e 3/5 contro i 194 palmi 6 once e 2/5 dell'asse nord sud (43,57 m e 43,45

m). Come nel caso di Desgodets non vi è corrispondenza tra la scala grafica e le quote lineari ma riportando il disegno in scala attraverso la dimensione nominale delle quote il diametro risulta di 43,66 m, esattamente pari al valore di riferimento della circonferenza ideale (Figura 5). Ad ulteriore conferma della qualità del disegno di Piranesi il confronto con l'ellissi generata a partire dalla nuvola di punti restituisce un errore massimo di soli 15 cm ovvero dello 0,3%

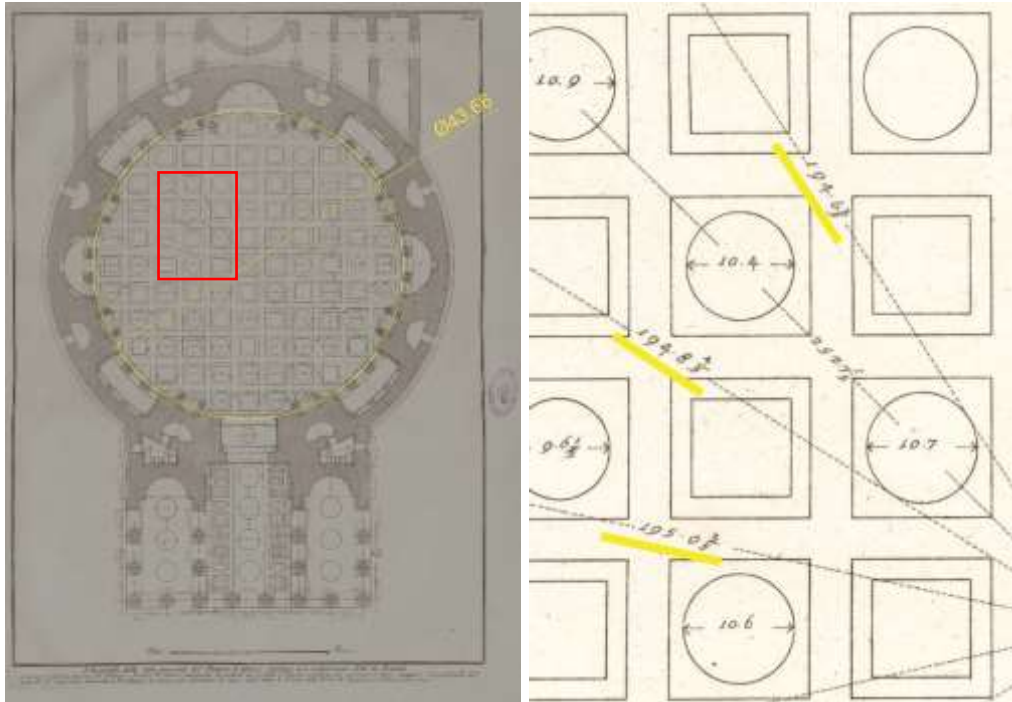


Figura 5 - La pianta di Piranesi e nel dettaglio le quote lineari - Piranesi realizza una pianta policentrica notando la differenza tra l'asse est-ovest e l'asse nord-sud.

La pianta di Auguste Leclère del 1813 mostra una nuova interpretazione della forma del Pantheon. Come già avevano fatto Desgodets e Piranesi anche Leclère rileva la differenza tra gli assi est-ovest e nord-sud. La fissa ponendo solo due quote lineari tra parasta e parasta, la prima di 43,37 m la seconda di 43,34 m. Per disegnare questa deformazione rispetto alla circonferenza ideale Leclère adotta due semicerchi, con raggi praticamente identici ma con centri leggermente scostati, quanto basta per poter disegnare agevolmente la pianta rispettando le quote rilevate (Figura 6). Data la geometria del disegno si possono valutare le dimensioni del Pantheon di Leclère direttamente in relazione agli assi maggiore e minore dell'ellissi generata a partire dalla nuvola di punti (43,69 m e 43,57 m). Nel disegno si riscontra una lunghezza di 43,61 m sull'asse maggiore con un

errore rispetto all'ellissi di soli 8 cm. Ma è sull'asse minore che si riscontrano gli errori più grandi, questo misura 43,19 m con un errore di 38 cm (0,9%) rispetto al valore di riferimento.

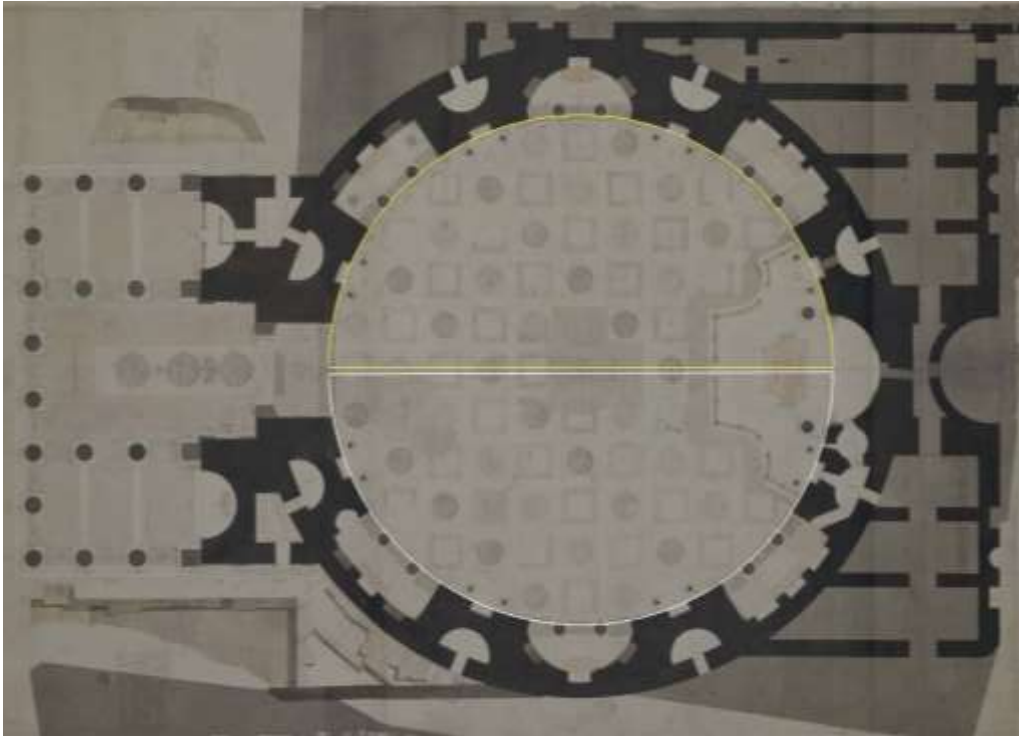


Figura 6 - La pianta di Leclère è formata da due semicirconferenze aventi lo stesso raggio ma posizione dei centri differenti.

Del Pantheon disegnato da Pier Olinto Armanini è pervenuta fino a noi solo una stampa, inserita nella pubblicazione da Beltrami senza alcuna indicazione metrica³. Il Rapporto di scala 1:100 indicato nell'elaborato non corrisponde alla dimensione del volume e dunque non è possibile confrontare la dimensione con le altre precedentemente esaminate. Ciononostante un'analisi della geometria evidenzia che, anche questa pianta non segue una circonferenza regolare, al contrario degli altri disegni il disegno di Armanini si presenta con l'asse nord sud maggiore di quello est-ovest (Figura 7).

³ BELTRAMI 1898

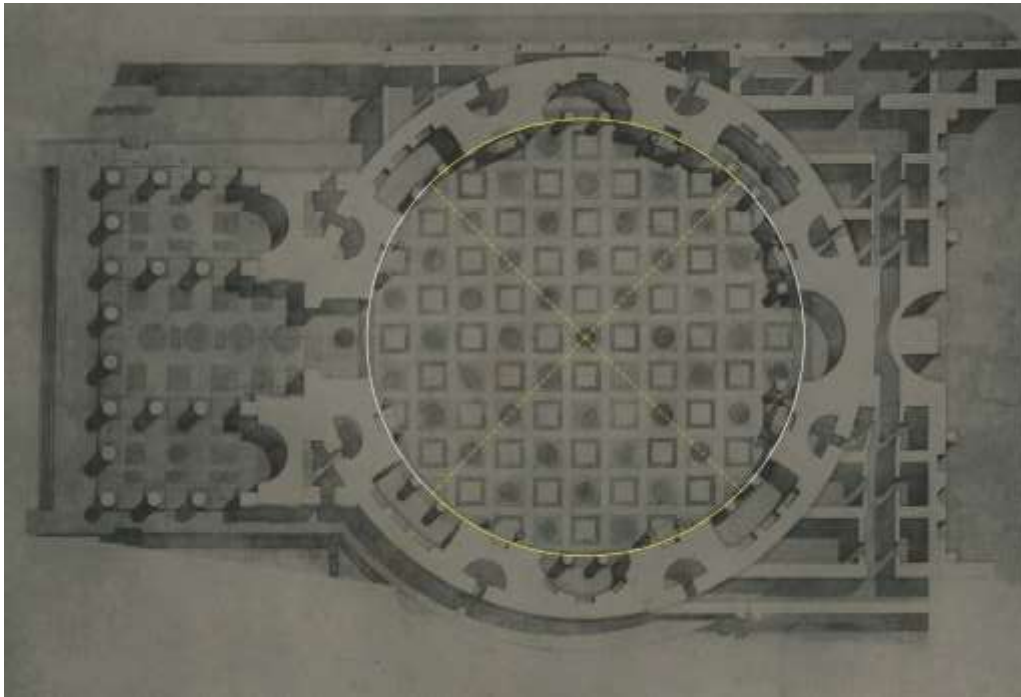


Figura 7 - La pianta di Armanini ha una geometria composta di quattro archi di circonferenza simili a due a due. La particolarità consiste nell'aver disegnato più breve l'asse est-ovest rispetto a quello nord-sud.

Alla luce dello studio condotto sui disegni qui presentati emerge un dato in controtendenza: sembrerebbe che non vi sia una diretta corrispondenza tra l'attenzione verso i contenuti della rappresentazione e quella verso la geometria e la misura. Quando Solari o Annibaldi, rappresentano fedelmente gli elementi del monumento che stanno rilevando, la chiesa e le sue trasformazioni, compare una geometria semplificata con una scarsa attenzione alle dimensioni del monumento. In verità, nei rilievi per il concorso Clementino "il tipo di rappresentazione richiesta [...] si limitava alla generica presentazione delle parti principali, senza che fosse necessariamente richiesto un rilievo diretto dell'insieme"⁴. La differenza principale pertanto consiste negli obiettivi: l'accademia richiedeva uno studio accurato del monumento, il che obbligava gli architetti ad un rilievo attento. Nonostante vi sia una tendenza a rappresentare il Pantheon antico, l'attenzione alla misura è più stringente, la geometria dell'aula centrale diviene più complessa e le dimensioni più vicine a quelle reali (Tabella comparativa delle circonferenze ideali costruite sulla pianta del Pantheon.).

⁴ Pasquali 2007, p. 25

6.1.3 Analisi della pianta sulle unità metriche antiche.

Nei tempi più recenti gli autori che si sono interessati al Pantheon, alla sua misura, alla sua geometria e alla sua costruzione formulando differenti interpretazioni sulle sue dimensioni in funzione della metrologia antica, alcuni basandosi su rilievi propri, altri analizzando disegni altrui.

La maggior parte degli autori del XIX secolo affronta il problema di individuare quale diametro del Pantheon vada considerato. Alcuni scelgono la circonferenza che passa per il muro perimetrale al netto dei rivestimenti⁵, altri la circonferenza passante per i centri delle colonne⁶, altri ancora quella tangente ai plinti di paraste e colonne⁷. Tutti sono alle prese con due elementi chiave: la misura di riferimento di 150 piedi e la dimensione del piede romano. Ricordando che il "modello per la misura" ha fornito due geometrie con cui confrontare i disegni del Pantheon: la circonferenza estratta dalla nuvola di punti; l'ellissi con l'asse maggiore orientato est-ovest (cfr. cap.5). In questi confronti verrà utilizzato il modello circolare, più approssimato ma compatibile con la natura del tema.

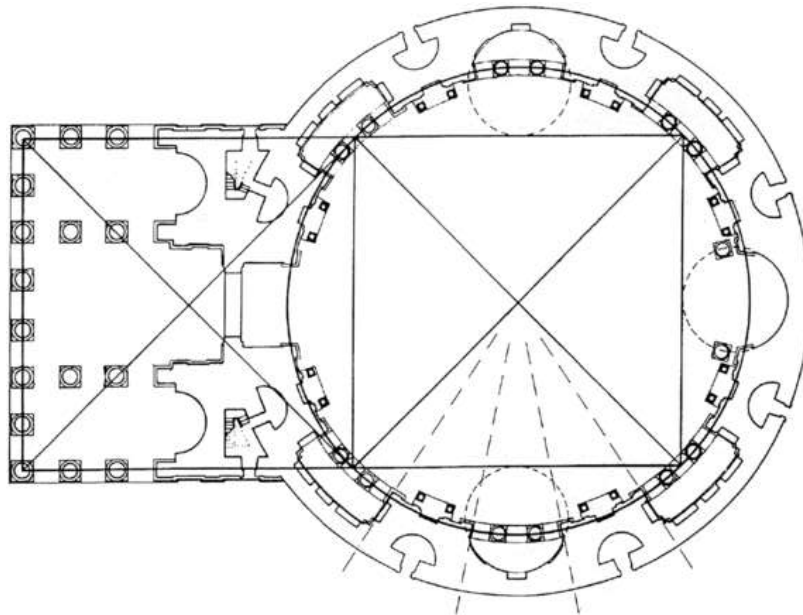


Figura 8 - Pianta con analisi geometriche - Wilson Jones 1989 - In questa pianta pubblicata da Wilson Jones nel 1989 il diametro di riferimento per misurare le dimensioni del Pantheon passa per l'asse delle colonne.

⁵ De Fine Licht, 1968, p. 195.

⁶ Wilson Jones 1989, p. 129; Geertman 1980, p. 211; Pelletti 1989, p. 12.

⁷ Pelletti 2004, p. 12.

Mark Wilson Jones fin dal primo articolo del 1989 confronta il Pantheon con altri monumenti dell'antichità romana e sottolinea la necessità che la misura di 150 piedi con i suoi multipli corrisponda ad un elemento architettonico importante della costruzione (Figura 8)⁸. La sua ipotesi è che si tratti dell'asse delle colonne e fissando la dimensione del piede romano a 296 mm il diametro sarebbe di 44,40 m. In realtà la dimensione di questo diametro nei suoi disegni è di 44,52 m e l'autore ne sottolinea l'errore nella scheda dedicata alle misure del monumento⁹. Il rilievo strumentale condotto in questo studio ha determinato che questa circonferenza, passante per i 12 centri delle colonne, ha un diametro di 44,55 m con uno scarto di 15 cm rispetto al valore ideale. Questo dato può far considerare due ipotesi, la prima che vada rivista la misura del piede romano, la seconda è che si debba ricercare un'altra circonferenza ideale.

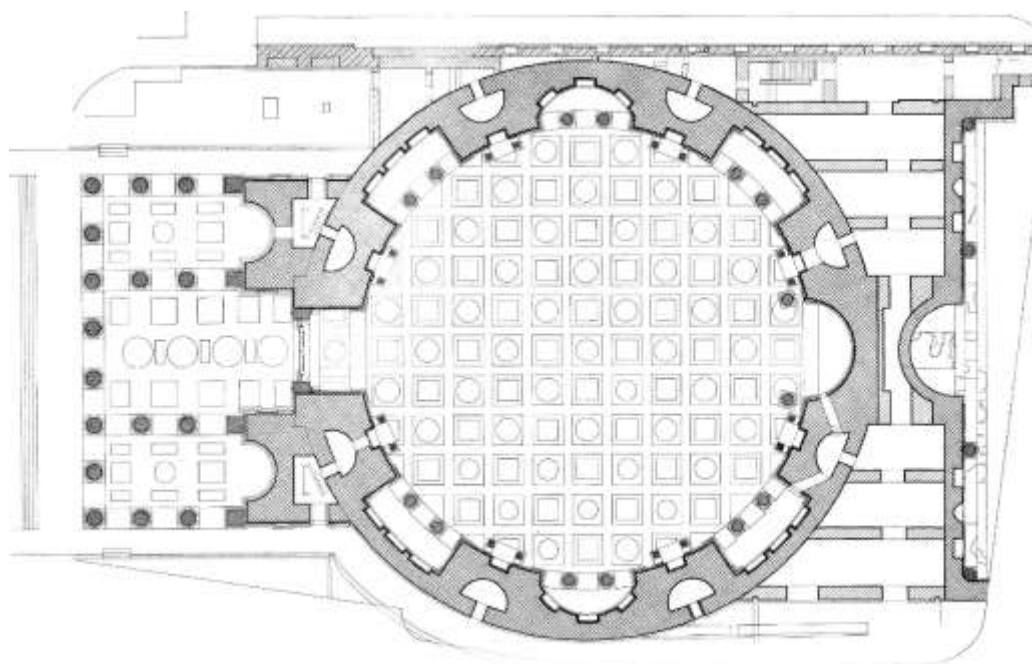


Figura 9 - Pianta del Pantheon - De Fine Licht 1968 - L'autore individua il diametro di riferimento nella circonferenza passante per il "muro nudo" ma questa particolare interpretazione non viene disegnata nella pianta.

⁸ Nei testi successivi a quello del 1989, Jones ribadisce la misura di 150 piedi romani associandola "all'anello" delle colonne come nel testo che segue: "*It is perhaps surprising that more has not collapsed than just a portion of the portico. After all, the interior span comfortably exceeds any other ancient rival; the actual figure of 43.7 meters, measured from wall to wall, was determined by the axial diameter assigned to the ring of columns of 150 Roman feet (44.3 meters)*". Wilson Jones 2016, p. 194.

⁹ Wilson Jones 1989, p. 143

Ad esempio lo studio condotto da Marco Pelletti nel 1989, utilizzando una strumentazione topografica, misura il diametro della circonferenza passante per i centri delle colonne, riportando il valore di 44,55 m (22,27 m)¹⁰ e ipotizza una misura diversa per il piede romano che fissa a 297 mm. Pelletti deve osservare però che né l'altezza del fusto delle colonne (30 piedi), né la pavimentazione costituita da quadrati (10x10 piedi) coincidono con questa nuova misura che allora viene introdotta come 296 ± 1 mm.

Altra ipotesi è quella dello studio condotto da De Fine Licht nel 1968 (Figura 9). Sebbene Licht avesse determinato misure ancora differenti, aveva però avanzato l'ipotesi che la circonferenza ideale andasse ricercata nel muro "nudo" spogliato dei rivestimenti marmorei. In questo modo, dato il suo rilievo e gli appunti dei restauri di Terenzio degli anni '30, Licht arriva a determinare una circonferenza al muro "nudo" di 43,80 m, legandola così alla larghezza del basamento scavato sul fronte del Pantheon da Beltrami ed Armanini e che misurava 43,76 m¹¹. Questa ipotesi, anche se rivista successivamente dagli studi di Herman Geertman¹² con diametro a 43,92 m non trova una diretta corrispondenza nel rilievo strumentale contemporaneo ma mette in luce la possibilità di valutare l'elemento murario al netto dei rivestimenti (40 cm di spessore).

Sviluppando questa ipotesi ed utilizzando il valore della circonferenza ideale estratta dalla nuvola di punti possiamo ricercare il rapporto tra i 150 piedi romani e la geometria del monumento. La circonferenza ideale misura $43,66 \text{ m} \pm 2 \text{ cm}$ (cfr. cap.5) e le lastre di rivestimento 0,40 m. Sommando i due valori otteniamo un valore compatibile con 150 piedi romani ma di dimensioni 296 mm, ovvero 44,46 m.

In conclusione possiamo affermare che rispettando la dimensione del piede romano di 295 mm, compatibile con la misura dei riquadri del pavimento, possiamo misurare in 148 piedi romani il diametro del muro del corpo circolare del Pantheon (43,66 m cfr. cap.5). Se invece introducessimo un valore approssimato del piede romano ($295 \pm 1 \text{ mm}$)¹³ potremmo individuare nel diametro del muro privo di rivestimento il valore simbolico di 150 piedi romani.

¹⁰ Pelletti 1989, p. 14, fig. 4.

¹¹ De Fine Licht 1968, p.195.

¹² Geertman 1980, p. 211.

¹³ L'errore di un millimetro è prossimo alla più piccola unità di misura lineare, lo scripulum. Giuliani 1986, p.116.

autore	unità di misura del disegno	geometria/forma/descrizione	diametro (m)	misura in piedi (295 ± 1 mm)
Desgodets	toise/palmi/oncia	8 archi di cerchio misura del muro circolare	43,88	148,74
Solari	palmi romani	1 circonferenza misura del muro circolare	44,09	149,45
Annibaldi	palmi romani	1 circonferenza misura del muro circolare	42,52	144,13
Piranesi	palmi romani	4 archi di cerchio misura del muro circolare	43,66	148
Leclère	metri	2 archi di cerchio misura del muro circolare	43,50	147,45
Armanini	metri	2 archi di cerchio	-	-
Jones	metri	circonferenza passante per l'asse delle colonne	44,40*	150
De Fine Licht	metri	circonferenza passante per il muro "nudo"	43,80	148,47
Geertman	metri	circonferenza passante per il muro "nudo"	43,92	148,88
Pelletti	metri	circonferenza passante per l'asse delle colonne	44,55	151,1
Rilievo 2017	metri	misura del muro circolare	43,66	148
	metri	circonferenza passante per l'asse delle colonne	44,55	151,01
	metri	circonferenza passante per il muro "nudo"	44,46	150
Tabella comparativa delle circonferenze ideali costruite sulla pianta del Pantheon. * valore ideale definito da Wilson Jones - valore reale nei disegni 44,52m				

6.1.3 La divisione della cupola in 28 parti.

La cupola del Pantheon e i suoi cinque livelli di cassettoni sono tra i temi più interessanti che intrecciano rilievo, geometria antica e costruzione. Gli elementi attorno a cui ruotano tutte le considerazioni sono: la corrispondenza tra la partizione dell'attico e quella della cupola, allineati solo sugli assi nord-sud ed est-ovest; la divisione della cupola in 28 cassettoni per ogni livello; la verifica delle misure angolari e delle tolleranze relative;



Figura 10 - L'allineamento tra i cassettoni e l'abside principale sul lato sud.

La divisione della cupola in 28 parti (divisibile per 4 e per 7), e la sua sovrapposizione all'attico che invece è scandito da un ritmo su base 16 (divisibile per 4 e per 8), genera un problema di allineamento tra gli elementi architettonici dell'edificio (Figura 10). I 28 cassettoni del primo ordine, subito sopra l'ultima cornice, sono allineati agli elementi dell'attico solo in corrispondenza degli assi principali nord-sud ed est-ovest. Per la maggior parte del perimetro, le finestre, i pilastri in porfido rosso sostituiti nel 1756 da specchiature orizzontali, non hanno alcuna relazione con la scansione della cupola. Se da un lato questo dato

aumenta la simmetria assiale del monumento, già ribadita dalla scansione del pavimento e dalla presenza della grande nicchia dell'altare¹⁴ dall'altro offre altre chiavi interpretative. La stessa soluzione di allineamento sui due assi principali è presente nelle esedre delle Terme di Traiano, edificio realizzato tra il 104 e il 109 d.C., in cui una delle due esedre riporta lo stesso disegno dei cassettoni con specchiature interne e lati inferiori inclinati verso il basso¹⁵. Questa simmetria assiale e asimmetria locale, insieme alla divisione su base 7 della circonferenza, che ritroviamo nella colonna traiana, supportano la teoria di una costruzione del Pantheon ad opera dell'architetto di Traiano ed Adriano, Apollodoro di Damasco¹⁶(Figura 11).

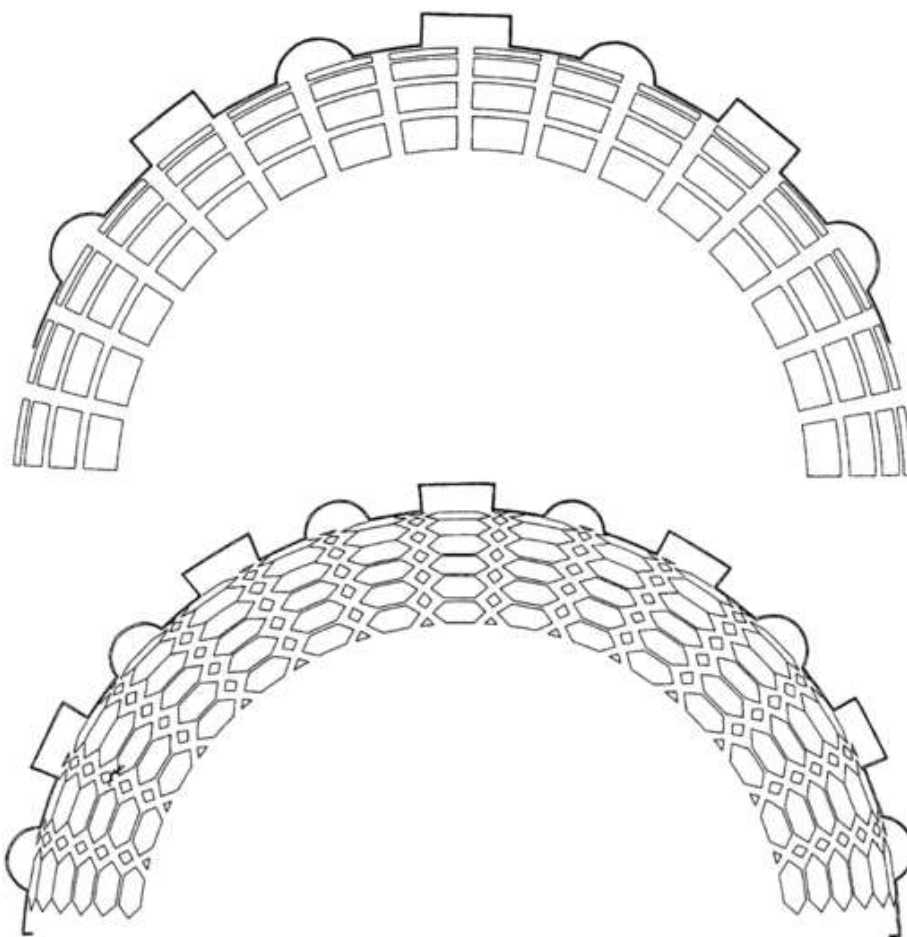


Figura 11 - Esedre delle terme di Traiano in Roma - Wilson Jones 2000

¹⁴ Waddel 2015, p. 145 e Wilson Jones 2000, p. 194.

¹⁵ Wilson Jones 2015, p. 227.

¹⁶ Martines 1989, p.6; Wilson Jones 2000, p. 193. Heilmeyer 1976.

In particolare lo studio di Giangiaco­mo Martines parte dall'analisi della geometria antica, passando per la trattatistica di Vitruvio, constatando che "nella geometria di precisione e tradizione euclidea non c'è posto tra i poligoni regolari per l'eptagono e i suoi multipli"¹⁷. Ovvero che nella trattatistica antica non vi è traccia di come suddividere una circonferenza in 7, e poi 28, parti, le uniche fonti sono degli studi di Archimede giunti fino a noi attraverso la tradizione islamica¹⁸. L'unico esempio di suddivisione in 7 parti eguali della circonferenza è la colonna traiana in cui Apollodoro di Damasco realizza una scala ad elica con 14 gradini ad ogni giro.

Per queste ragioni, nonostante sia noto che anche in antichità vi fosse una distinzione tra il disegno preparatorio e lo spiccato di cantiere¹⁹, resta di grande interesse: sia la verifica di come gli architetti rilevatori del XVI e XVI e XVIII secolo abbiano disegnato i cassettoni; sia quali siano effettivamente le differenze angolari tra i 28 settori della cupola misurate attraverso gli strumenti contemporanei.

Antoine Desgodets nella seconda tavola del suo volume "*Edifices antiques de Rome...*"²⁰ disegna una pianta del Pantheon sezionando il monumento per metà alla quota del primo livello di cassettoni e per metà alla quota dell'attico (Figura 12). I cassettoni sono indicati con un perimetro tratteggiato, senza le specchiature interne, e il disegno risulta meno accurato, sia nelle dimensioni sia nella geometria. Ad esempio in questa pianta l'asse est-ovest è più piccolo di quello nord-sud, esattamente al contrario di quanto egli stesso ha disegnato nella pianta del primo livello. Nel primo manoscritto solo un quarto di circonferenza è diviso in 7 parti, mentre nella stampa sarà completata tutta la semicirconferenza. La costruzione della figura risente di una notevole imprecisione. Gli angoli, il cui valore di riferimento è $360^\circ/28 = 12,85^\circ$ hanno variazioni di $\pm 1^\circ$.

¹⁷ Martines 1989, p.4

¹⁸ Attraverso le opere di Thabit ben Qurrah, matematico e astronomo vissuto a Bagdad intorno all'anno 815. Martines 1989, p.5.

¹⁹ Martines 1989, p.5.

²⁰ Desgodets 1682

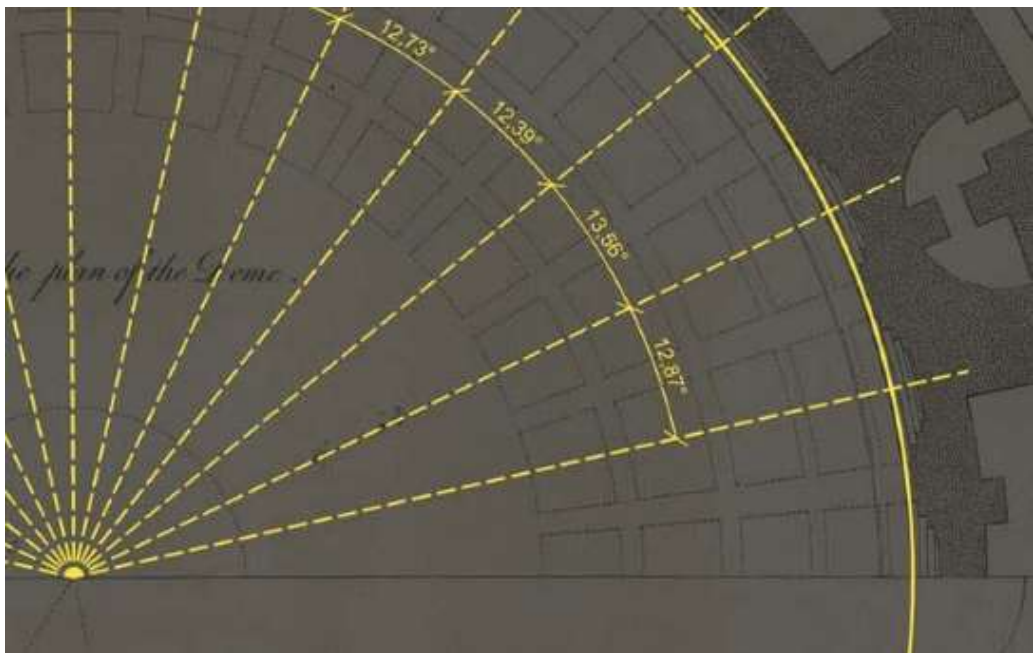
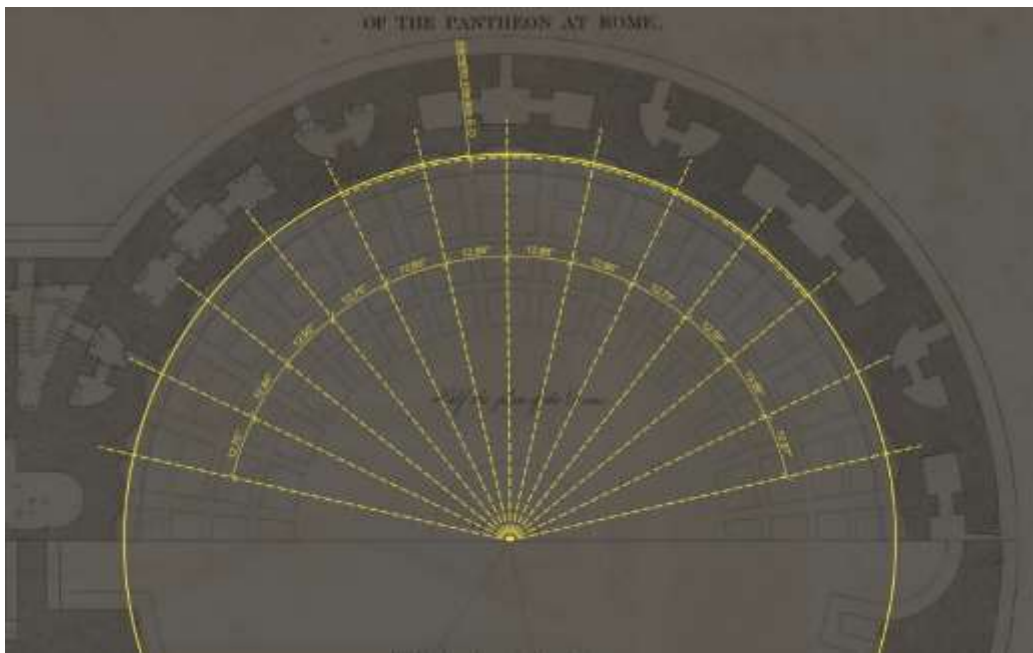


Figura 12 - La divisione in 28 parti della cupola - Desgodets 1682.

Il disegno di Demesmay, così come già rilevato per la pianta, è decisamente più semplificato, il Pantheon è perfettamente circolare e le dimensioni del diametro sono 43,79 m. La tavola "*Incographia partis superioris Pantheon, ordinis attici, ubi in Presentiarum visituo, de tecto, base tholi deque superstrato pumbeo*" contiene in un unico disegno una pianta su più livelli di cui un quarto a livello del primo ordine dei cassettoni (Figura 13). Il disegno, in proiezione, dei cassettoni, è molto semplificato, sono ancora ben leggibili le linee di costruzione ma manca il dettaglio interno delle specchiature. La divisione in 7 del quarto di circonferenza è abbastanza regolare, con una variazione di circa $\frac{1}{2}$ grado.

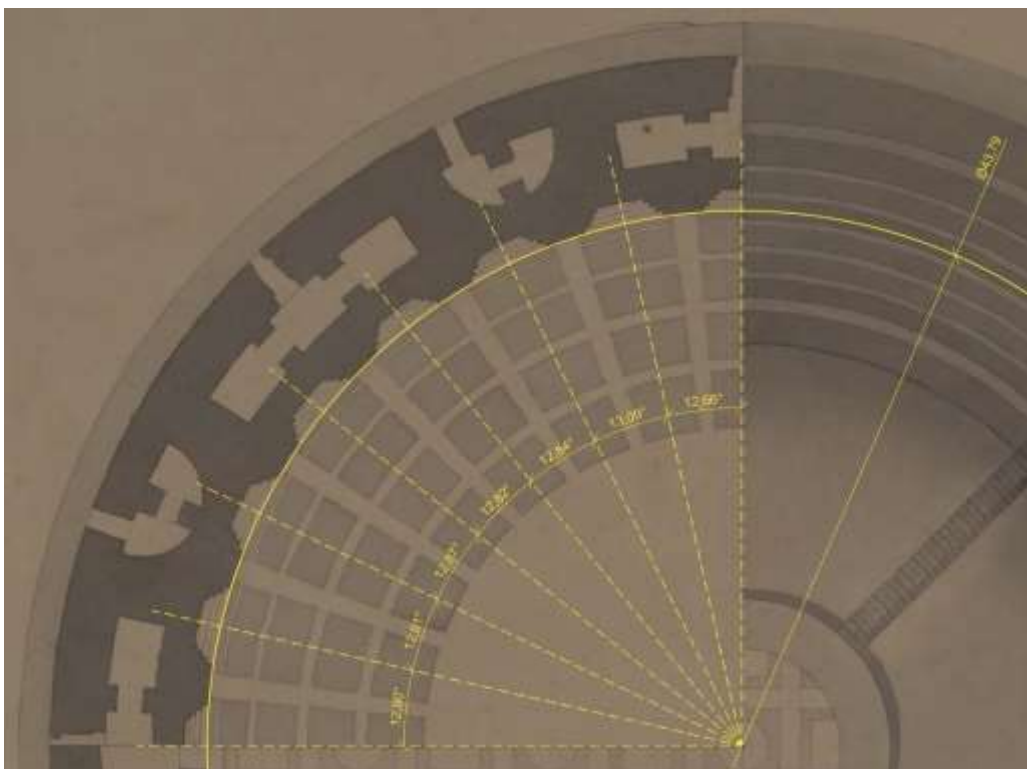


Figura 13 - Pianta della cupola a livello dei cassettoni - Demesmay 1754

Giovan Battista Piranesi dedica al disegno dei cassettoni la tavola IV "*Incografia delle parti interiori ed esteriori della Fornice o Cuppola del Pantheon*" (Figura 14). Così come già notato nella pianta del primo livello non vi è corrispondenza tra la scala grafica in palmi romani e le misure riportate. Il disegno dei cassettoni, in proiezione, è per la prima volta molto dettagliato. Insieme al perimetro Piranesi disegna le proiezioni delle specchiature interne, il tutto con un tratteggio molto

regolare. La metà del disegno che ospita i cassettoni è suddivisa in 14 settori ma gli angoli tra i cassettoni variano di circa 1°.

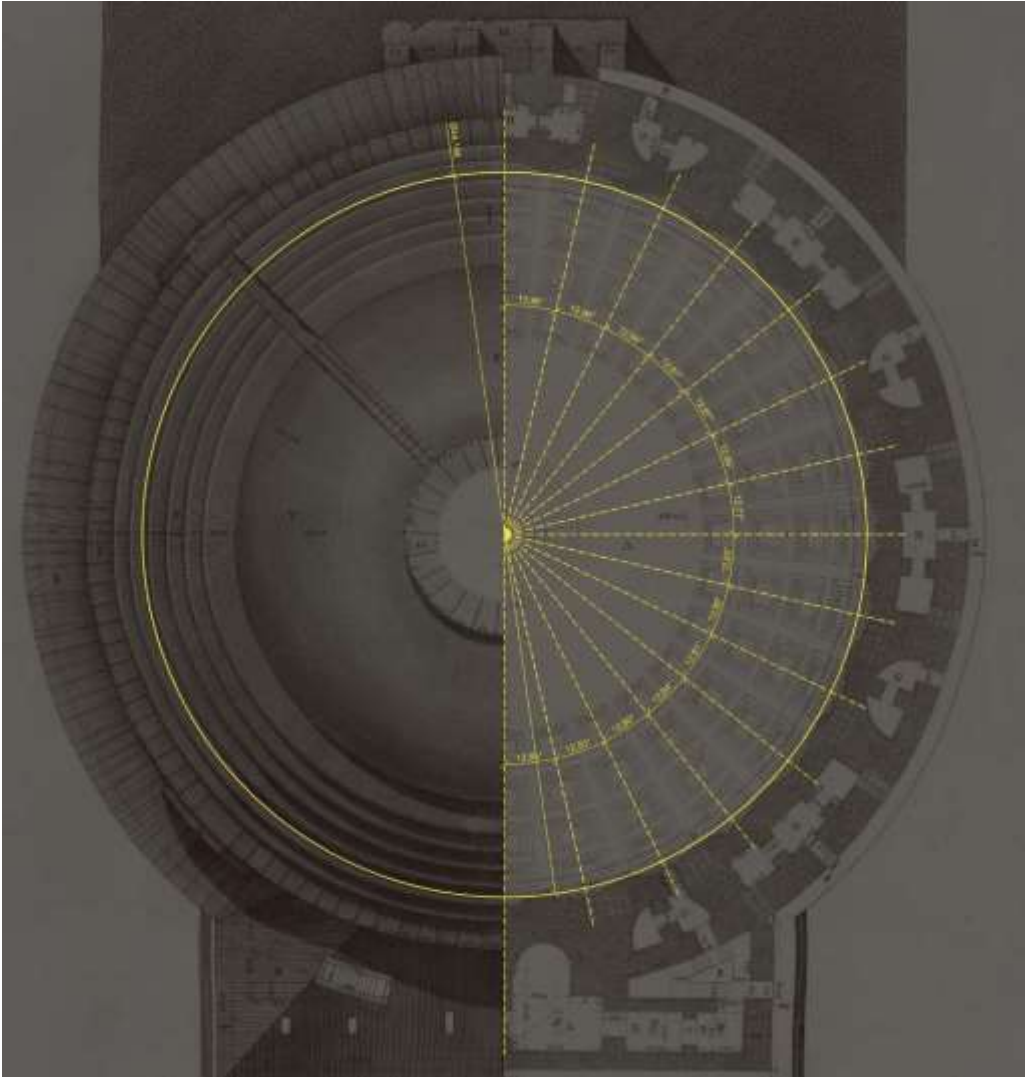


Figura 14 - Pianta della cupola a livello dei cassettoni - Piranesi 1756

L'attenzione di Achille Leclère per lo studio dei cassettoni, della loro misura e geometria è uno degli elementi più interessanti ai fini di questo studio. Come vedremo a breve (cfr. 6.2) Leclère dedica interi elaborati allo studio di questo particolare elemento architettonico. Nella sua tavola Env.9-02 "*Pantheon. Profils de gradins qui sont au bas de la coupole, plan à la hauteur de la seconde corniche extérieure, plan à la hauteur de l'entablement intérieur, plan à la hauteur de la corniche de l'attique intérieur*" Leclère dimostra una grande attenzione verso la geometria della Rotonda. Come nella pianta del primo livello,

Leclère disegna l'asse est-ovest maggiore di quello nord-sud, stabilendo per la prima volta una relazione tra la pianta del primo livello e la cupola. Relazione che non ritroviamo in alcuno degli autori precedenti che disegnano geometrie complesse per il primo livello e geometrie semplificate per le parti in alzato. Sebbene il disegno dei cassettoni sia esteso solamente ad un quarto della circonferenza Leclère è molto attento ai dettagli. Tutti gli elementi, perimetro e specchiature interne sono disegnate con cura e precisione metrica. La suddivisione del quarto di circonferenza è molto accurata, tra gli angoli esiste una variazione inferiore a $\frac{1}{2}$ grado (Figura 15).



Figura 15 - Pianta della cupola a livello dei cassettoni - Leclère 1813

Il nuovo rilievo 3D del Pantheon ci consente di valutare con maggiore precisione come la cupola fu suddivisa per realizzare i 28 cassettoni, tenendo presente sia le tolleranze di cantiere, sia gli interventi ed i restauri che negli anni '30 interessarono vaste aree della superficie dei cassettoni²¹. Il disegno che è stato elaborato (Figura 16), contrariamente a quanto realizzato dagli autori precedentemente citati è una pianta dell'intradosso della cupola. Si tratta di una pianta rivolta verso l'alto, con il piano di sezione all'imposta della cupola, subito al di sotto del primo livello di cassettoni, che sfrutta il modello per la rappresentazione per il disegno delle linee di sezione e degli elementi in vista diretta (cfr. 5.2.1).

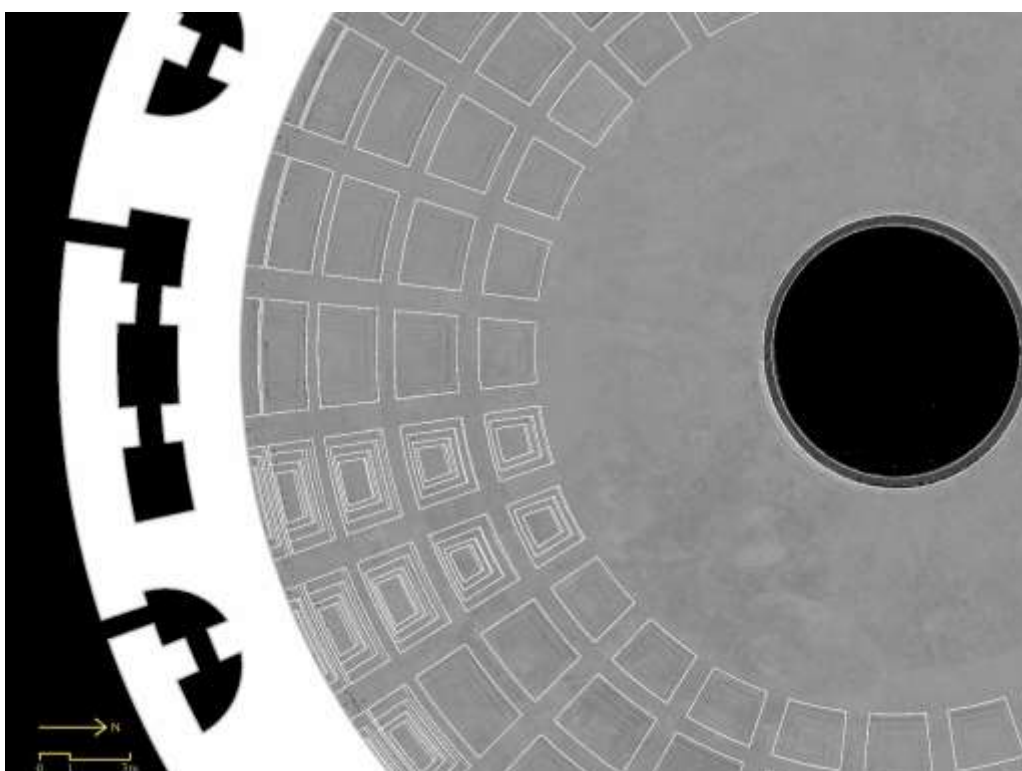


Figura 16 - Pianta della cupola alla quota d'imposta.

Come per le altre piante è stato effettuato uno studio degli angoli di ciascun settore, che ha rilevato differenze angolari intorno a $\frac{1}{2}$ grado. Ma su questa variazione occorre dare alcune precisazioni metodologiche. Tutte le misurazioni sono state realizzate direttamente sul "modello per la misura" attraverso operazioni di selezione e sezione delle nuvole di punti. Misurare gli angoli tra i diversi settori presuppone alcune considerazioni che, guardando alla nuvola di

²¹ Crucianelli 2007, p.33.

punti, appaiono tutt'altro che scontate. Ad esempio per determinare l'asse di ogni settore occorre individuare il perimetro del cassettone e poi disegnare la bisettrice dell'angolo formato tra i lati verticali. Un metodo è quello di individuare il perimetro dei cassetteoni attraverso 4 punti²², ma risente di un alto grado di approssimazione poiché la variazione dell'angolo (e dunque della sua bisettrice) dipende dal punto selezionato. Il metodo adottato, al contrario, tiene conto di tutti i punti appartenenti al perimetro del cassettone, estraendo dal modello una linea che minimizza la distanza tra i punti (Figura 17).

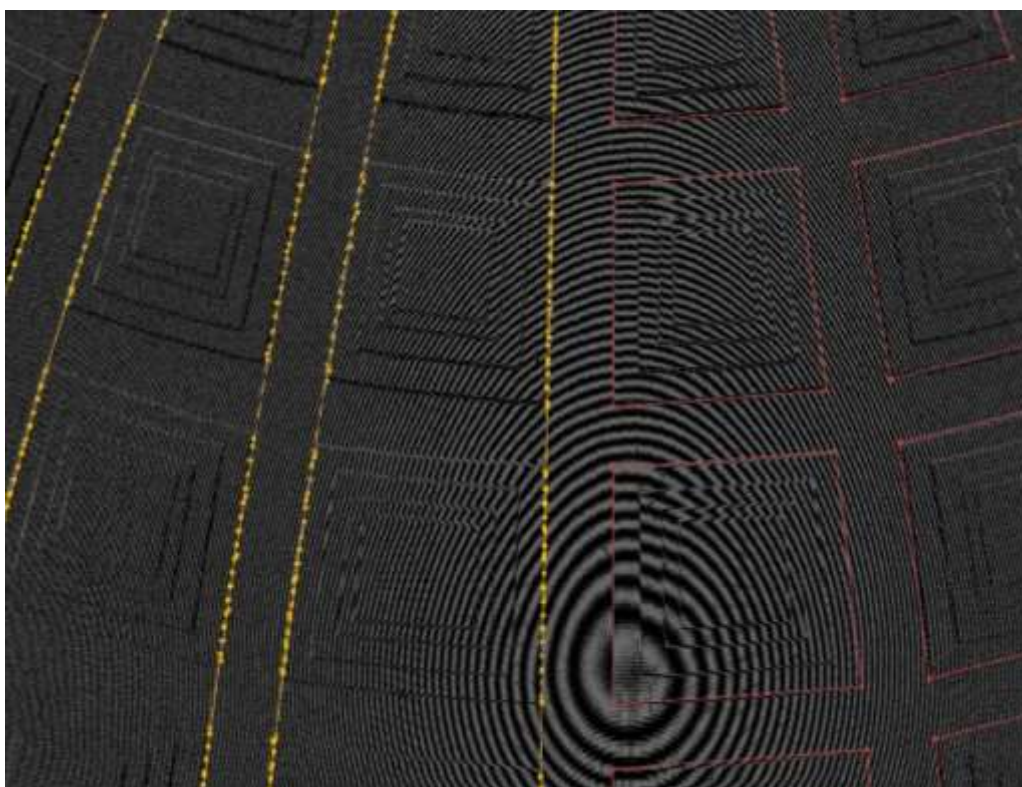


Figura 17 - Disegno del perimetro del cassettone: a sinistra, in giallo il metodo di estrazione della curva dal modello per la misura utilizzando tutti i punti del bordo; a destra il metodo per 4 punti.

Il risultato di queste operazioni, visibile nella pianta dell'intradosso della cupola che mostra i settori e le bisettrici (Figura 18), è stato messo a confronto le con alcune recenti pubblicazioni di Licia Aliberti ricercatrice presso l'Escuela Técnica Superior de Arquitectura dell'università politecnica di Madrid²³.

²² Aliberti 2017

²³ Aliberti 2013 Aliberti 2015 e Aliberti 2017

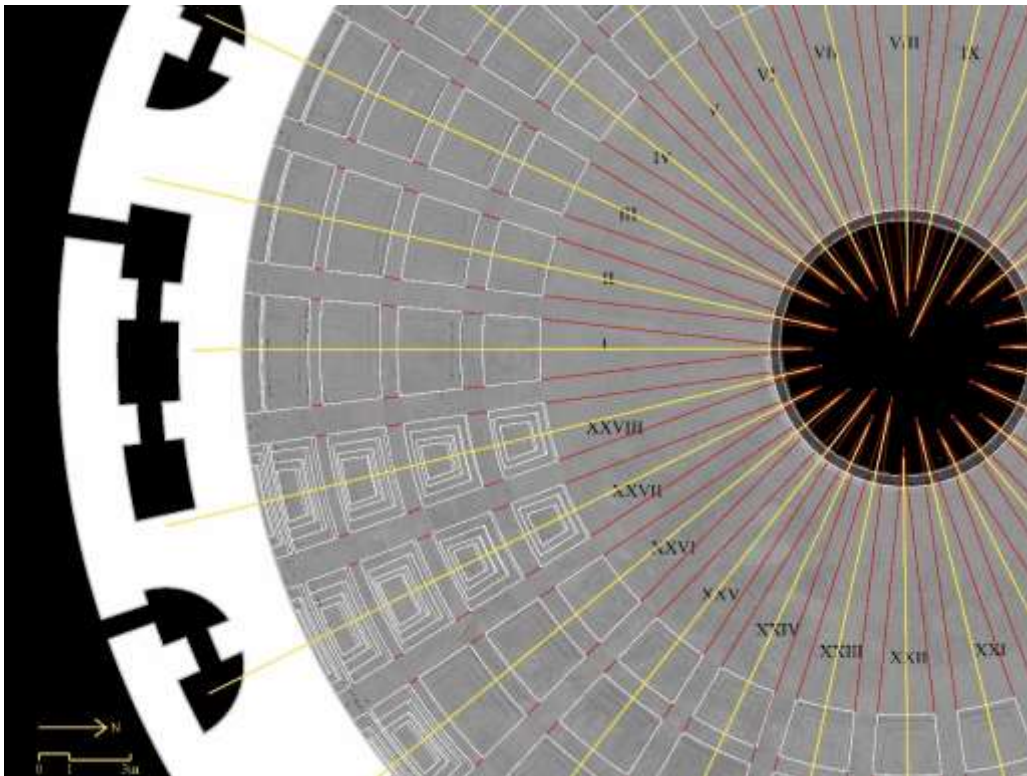


Figura 18 - Pianta intradosso - Nel disegno sono stati inseriti alcuni elementi per la lettura della divisione in 28 parti della cupola. In rosso sono stati indicati i settori, il loro allineamento e la numerazione, in giallo al centro di ogni settore la bisettrice.

La prima considerazione è legata alle differenze angolari tra i diversi settori (Figura 19). Se è vero che gli angoli sono molto vicini al valore di riferimento ($12,85^\circ + 0,7^\circ$ e $-0,3^\circ$) occorre ricordare che il modello geometrico della circonferenza ideale introduceva un errore medio di $\pm 3,3$ cm e solo usando un modello ellittico è possibile dimezzare l'errore. Per queste ragioni il valore dell'angolo non va considerato in sé, piuttosto è interessante studiare l'andamento delle variazioni angolari (Tabella delle variazioni angolari).

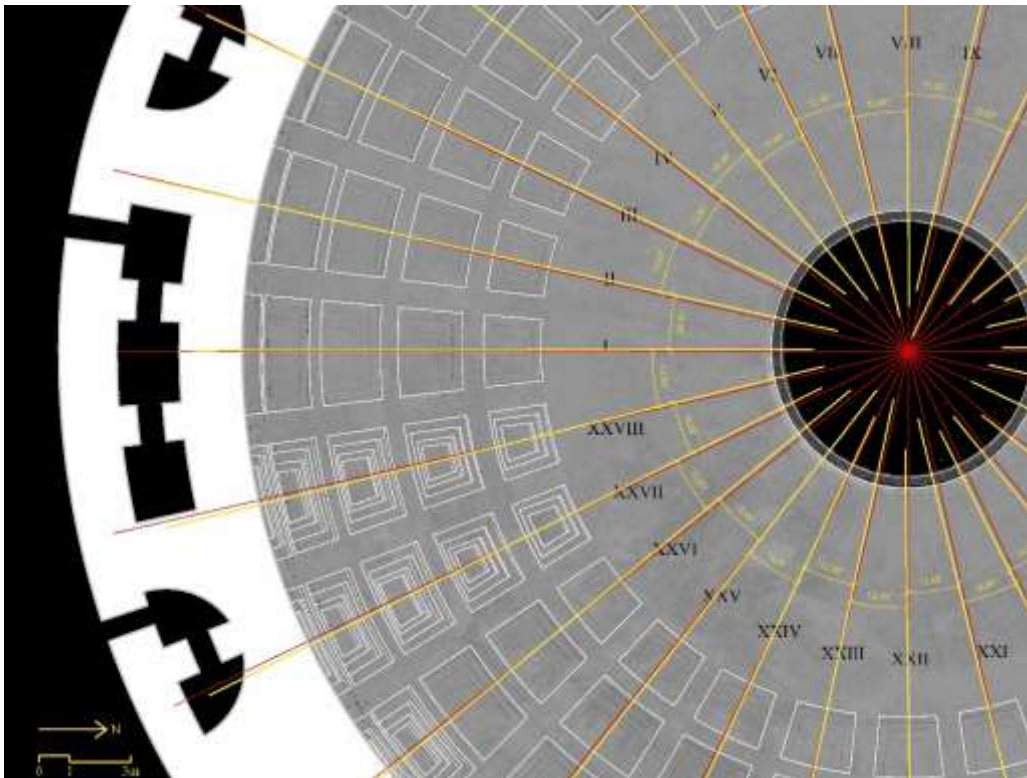


Figura 19 - Pianta intradosso - In rosso la divisione teorica in 28 parti con angoli di 12,85° in giallo le reali bisettrici dei settori di cassettoni.

settore	angolo	corrispondenza tra settori	settore	angolo
I - Sud	12,55°	V	XV - Nord	13,05°
II	12,62°	V	XVI	12,50°
III	12,80°	-	XVII	12,34°
IV	13,36°	-	XVIII	12,76°
V	12,80°	-	XIX	12,73°
VI	12,78°	-	XX	12,89°
VII - Ovest	12,68°	-	XXI - Est	12,58°
VIII	13,32°	-	XXII	12,79°
IX	12,50°	-	XXIII	12,96°
X	12,36°	-	XXIV	13,06°
XI	12,96°	-	XXV	12,44°
XII	13,38°	-	XXVI	12,85°
XIII	13,27°	-	XXVII	12,89°
XIV	12,79°	V	XXVIII	13,59°
valore di rif.	12,85°			

Tabella della variazione angolare tra i 28 settori di cassettoni.

Leggendo i dati dell'analisi condotta sulle bisettrici emerge che l'angolo tra due settori adiacenti non è costante, varia seguendo uno schema che nella cupola si ripete due volte. Procedendo da nord verso ovest, in senso orario, gli angoli aumentano progressivamente in prossimità dell'asse sud. La stessa variazione si manifesta nel giro, in senso orario, da sud verso est. Una possibile interpretazione di queste variazioni potrebbe essere associata al metodo empirico usato per la divisione in 28 parti della cupola in cantiere. Una volta fissato l'asse nord sud è possibile che i costruttori abbiano suddiviso la semi-circonferenza in parti uguali misurandone la lunghezza e dividendola per 14²⁴. Il valore che si ottiene è particolarmente significativo, perché la lunghezza dell'arco di circonferenza di ogni settore, 4,90 m è pari a circa 11 cubiti²⁵. Riportando questa misura sulla circonferenza, a partire dall'asse sud, un piccolo errore si moltiplica progressivamente (circa 4 cm per ogni settore) e potrebbe essere assorbito in prossimità dell'asse nord. Questo spiegherebbe la presenza di angoli più ampi nei settori XXVII e XXVIII e reciprocamente nei settori XII, XIII e XIV.

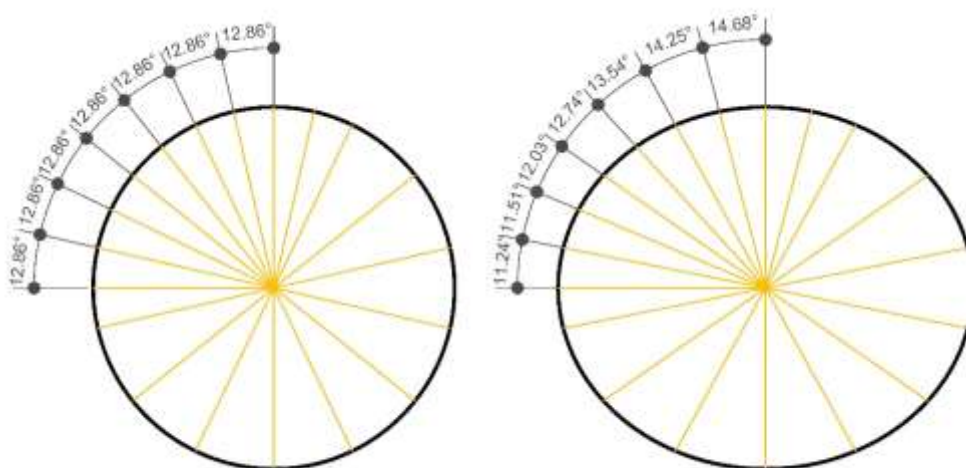


Figura 20 - Analisi della deformazione degli angoli in seguito alla deformazione del cerchio in ellissi.

²⁴ Anche se applicato all'intera circonferenza e non alla sua metà come sembra suggerire il rilievo, il procedimento di divisione per archi di circonferenza viene descritto in Pelletti 1989.

²⁵ Così come definito da Wilson Jones nel suo *Principles of Roman Architecture* un cubito corrisponde ad 1 piede e ½. Il piede usato per la costruzione del pantheon equivale a 295 ± 1 mm e dunque un cubito corrisponde a 442,5 mm ± 1. La lunghezza della semicirconferenza è dunque pari a circa 154 cubiti. Wilson Jones 1989, p. 108

Una seconda e alternativa interpretazione della variazione angolare chiama in causa la forma ellittica della pianta (cfr. 5.1). Riprendendo l'analisi dei valori contenuti nella tabella (Tabella variazione angolare) si nota: che gli angoli maggiori si trovano in corrispondenza dell'asse nord-sud; che in corrispondenza dell'asse est-ovest si trovano gli angoli minori. Osservando un modello circolare e la sua deformazione ellittica (Figura 20) si può notare come la variazione angolare sia analoga a quella del Pantheon. Da ciò si può dedurre che l'originaria divisione in 28 settori potrebbe essersi adattata alla forma ellittica della pianta in seguito ad un cedimento strutturale (cfr. 6.3).

Un altro parametro molto interessante da osservare è la corrispondenza tra settori reciproci (Figura 21). Lo studio di Licinia Aliberti dividendo la cupola in quattro quadranti nota una corrispondenza diffusa tra i settori del I e del III, mentre sottolinea una mancanza di allineamento negli altri due²⁶.

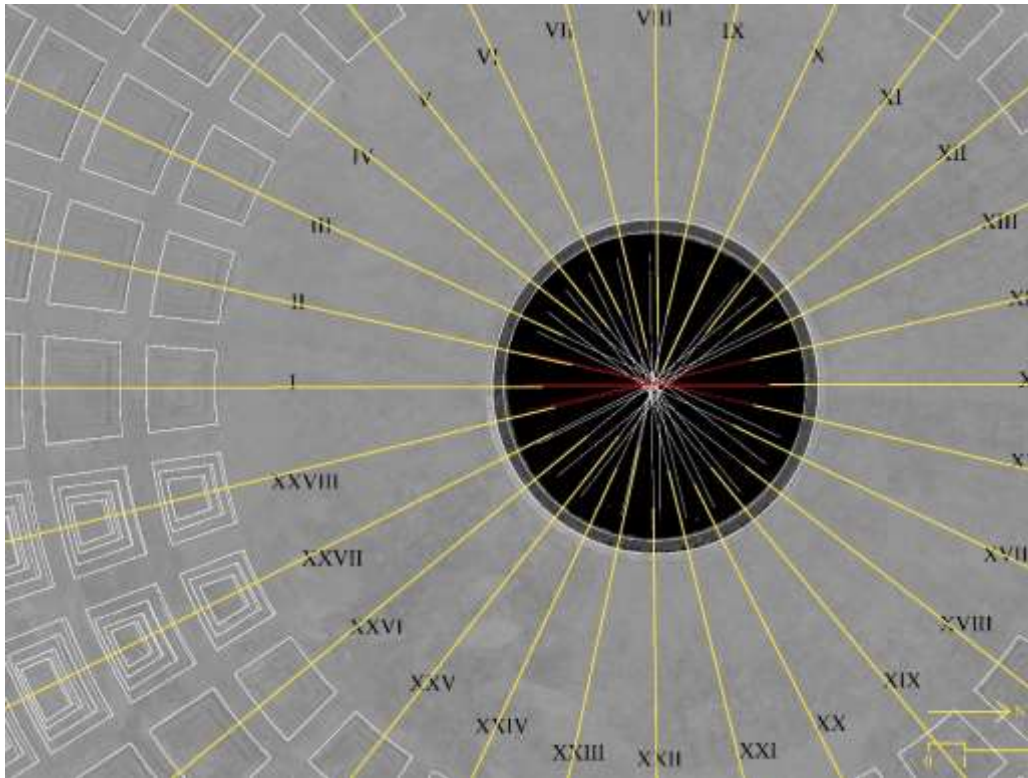


Figura 21 - Pianta intradosso - Corrispondenza tra gli allineamenti dei settori reciproci, si noti che solamente lungo l'asse nord sud le bisettrici sono coincidenti, negli altri casi troviamo notevoli differenze di posizione e orientamento.

²⁶ Aliberti 2017, p. 369.

Il disegno delle bisettrici realizzato con il metodo dell'estrazione delle curve dalla nuvola di punti, descritto in precedenza, non conferma questa osservazione, ma dimostra che i soli settori allineati sono quelli in corrispondenza dell'asse nord-sud. Guardando all'asse est-ovest, di cui lo studio di Aliberti analizza la perpendicolarità con l'asse nord-sud²⁷, si nota come i due settori VIII e XXII non siano, né allineati, né paralleli tra loro. Tra i due assi vi è una distanza, misurata al centro della cupola, di 16 cm. Per quanto riguarda gli angoli, rispetto all'asse nord-sud, l'est ha un angolo di $89,59^\circ$ ($89^\circ 35'$), l'ovest di $90,59^\circ$ ($90^\circ 36'$)²⁸.

In conclusione, i settori allineati, gli angoli prossimi alla divisione geometrica ideale, la lunghezza dell'arco di circonferenza e le deformazioni dovute alla forma ellittica suggeriscono che la divisione in 28 parti della cupola sia stata iniziata a partire dall'asse nord-sud per proseguire, con qualche approssimazione, in senso orario.

6.1.4 Il diametro ed il centro della sfera.

Il rapporto tra la cupola, la pianta circolare, l'altezza del monumento e la quota del pavimento, hanno sempre avuto un ruolo centrale negli studi e nei disegni del Pantheon²⁹. Gli autori dei disegni analizzati fino a questo momento hanno espresso diverse interpretazioni di questi temi, riportando in alcuni casi risultati molto differenti. L'analisi è stata effettuata sulle sezioni, longitudinali e trasversali già presentate nel terzo capitolo.

A differenza di quanto accaduto con le piante, in cui la geometria della sezione orizzontale spesso si allontanava dalla circonferenza ideale, le sezioni rivelano sempre una geometria semplice, semicircolare. Questo dato è certamente legato alle modalità con cui il rilievo veniva effettuato. Per la pianta era più semplice effettuare molte misurazioni e rilevare dunque la differenza tra l'asse nord-sud e l'asse est-ovest. Al contrario per la sezione e le misure in alzato questo appare più complicato. Con l'uso di strumenti semplici e del filo a piombo si potevano

²⁷ Aliberti 2017, p. 370.

²⁸ Gli stessi angoli a confronto con quelli dello studio di Licinia Aliberti del 2017, mostrano valori differenti: $90^\circ 50'$ contro $89^\circ 35'$, e per l'asse ovest di $90^\circ 32'$ contro $90^\circ 36'$.

²⁹ Beltrami 1929, Waddel 2015, Wilson Jones 2015, Martines 1989, De Fine Licht 1968, Geertman 1980, Pelletti 1989, Graßhoff 2009.

effettuare poche misure, quelle accessibili dalle cornici, dall'oculo ma solo alcuni avevano avuto accesso a scale e ponteggi per acquisire altri dati³⁰.

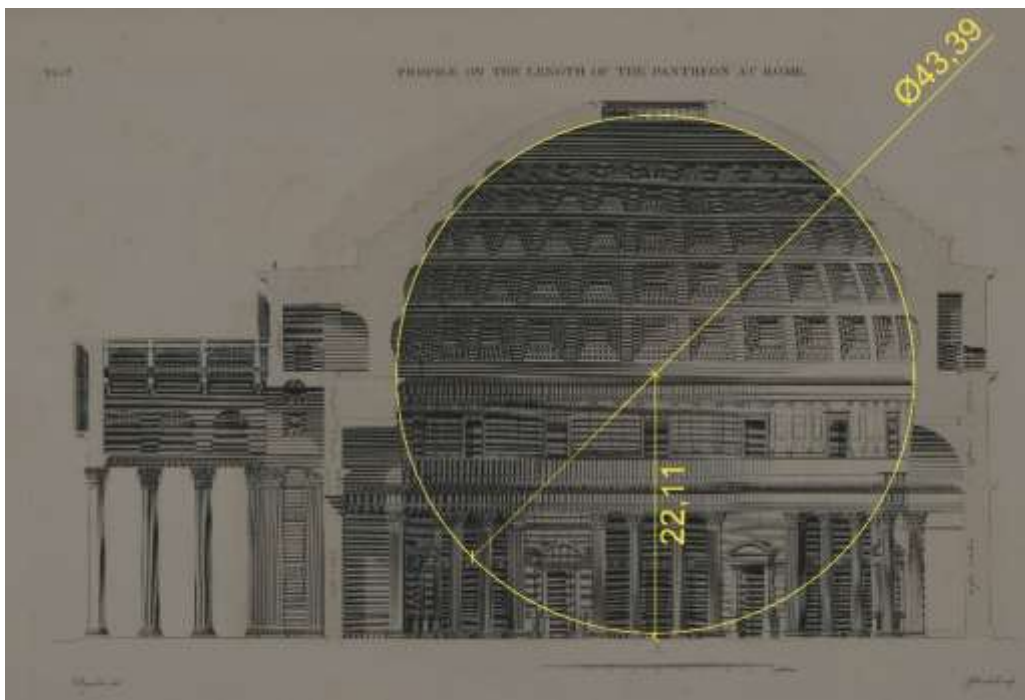


Figura 22 - Sezione longitudinale - Desgodets 1682 - Diametro 43,39 m e centro a quota +22,11

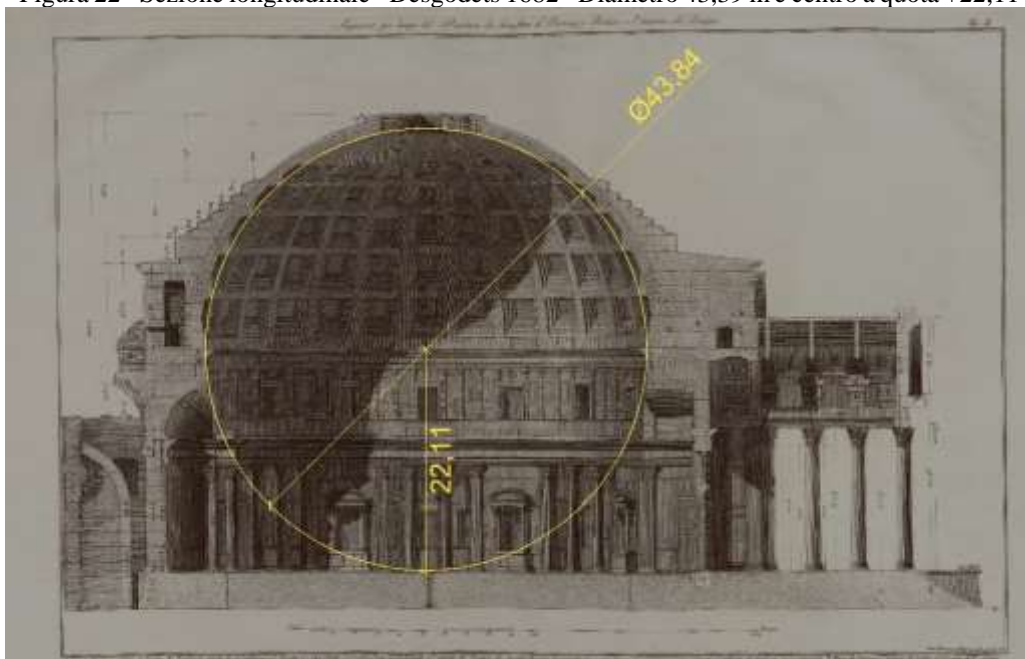


Figura 23 - Sezione longitudinale - Pianesi 1756 - Diametro 43,84 m e centro a quota +22,11

³⁰ Pensiamo ad esempio a Piranesi e Chedanne che possono accedere ai ponteggi realizzati nel 1756 e nel 1892 per lo studio e il restauro della cupola.

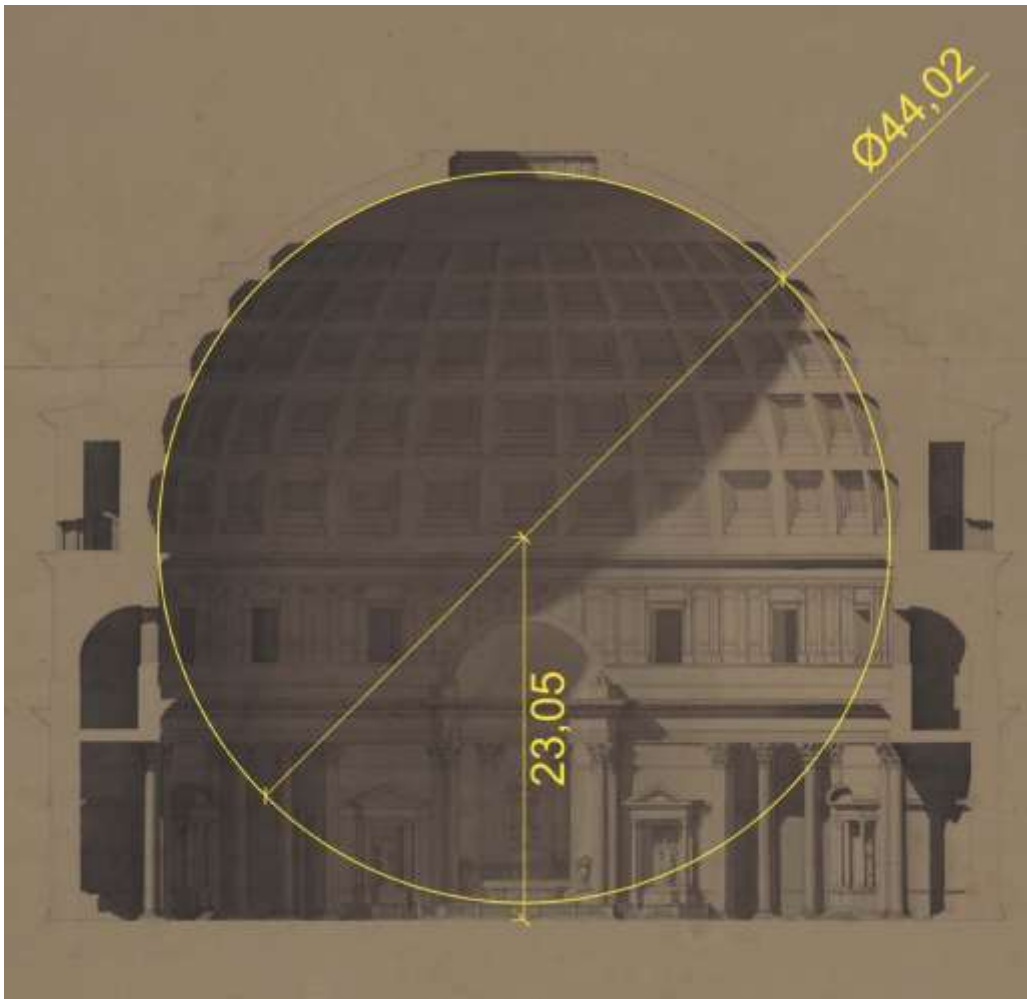


Figura 24 - Sezione trasversale - Solari 1754 - Diametro 44,02 m e centro a quota + 23,05

I disegni ci descrivono dunque cupole semisferiche più o meno accurate, la più regolare è quella di Desgodets, quella più deformata quella di Piranesi. Altro è invece il risultato del confronto con la sezione geometrica della cupola estratta dalla nuvola di punti. Confronto che è possibile solo qualitativamente poiché le dimensioni e la posizione degli elementi disegnati tra il '700 e l'800 sono molto diverse. Quasi tutti gli autori si avvicinano a descrivere correttamente la cupola, Chedanne la disegna leggermente ribassata e Solari con il centro molto più in alto del vero ma nel complesso i rilievi sono sufficientemente attendibili.

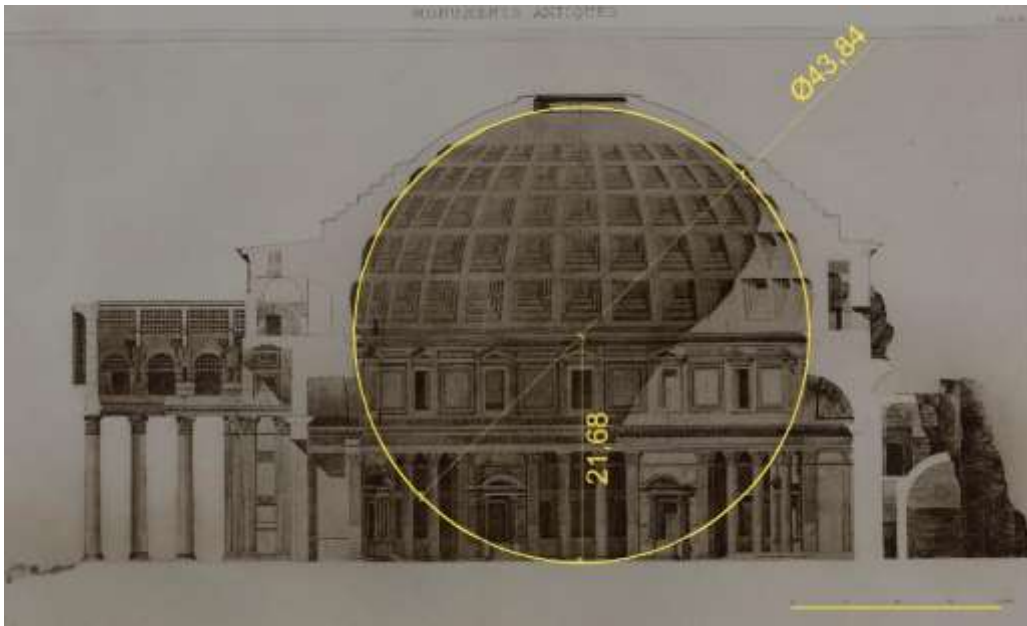


Figura 25 - Sezione longitudinale - Leclère 1813 - Diametro 43,84 m e centro a quota + 21,68

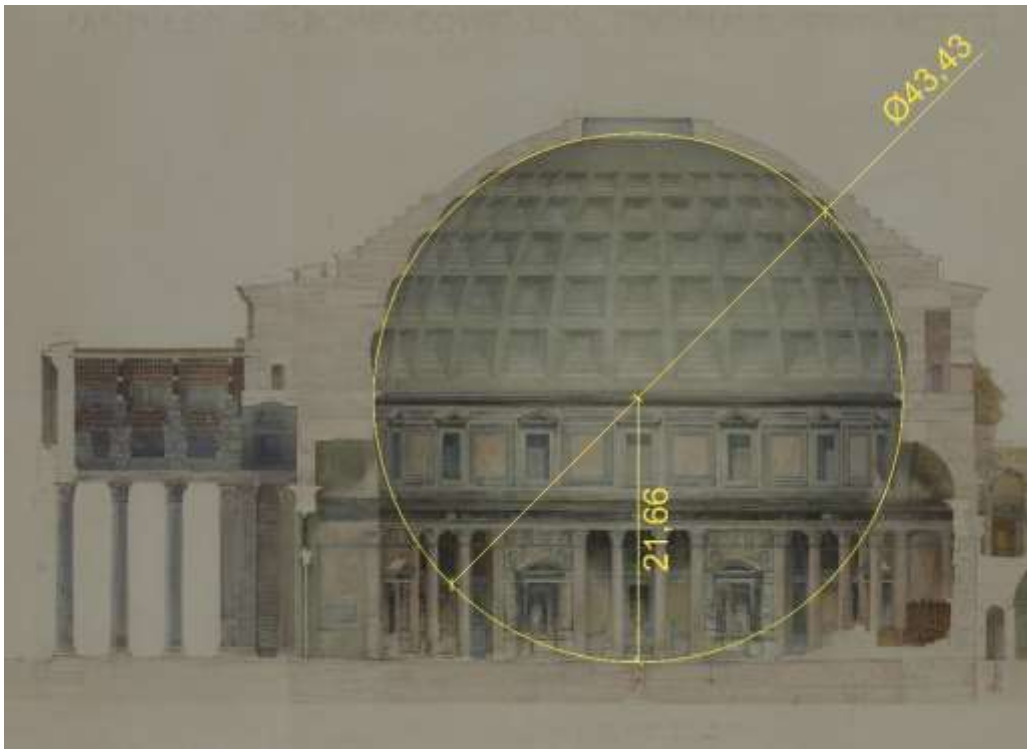


Figura 26 - Sezione longitudinale - Chedanne 1892 - Diametro 43,43 m e centro a quota + 21,66

Dei rilievi più recenti abbiamo documentazione attraverso la bibliografia, i più prossimi ai dati della presente ricerca sembrano essere quelli di Graßhoff e Pelletti (Figura 27). Il primo, analizzando una nuvola di punti ottenuta con un rilievo laser scanner, determina una circonferenza ideale praticamente coincidente a quella rilevata dal presente studio, con diametro pari a 43,98 m³¹. Il secondo, attraverso un rilievo topografico, osserva che il centro della cupola si trova al di sotto della quota di imposta, ovvero al di sotto della quota della cornice dell'attico (21,72 m)³². Pelletti stabilisce inoltre correttamente l'altezza complessiva del Pantheon, che è pari a 43,44 m, evidenziando che la cornice dell'attico divide esattamente a metà questo spazio e che l'altezza equivale alla circonferenza

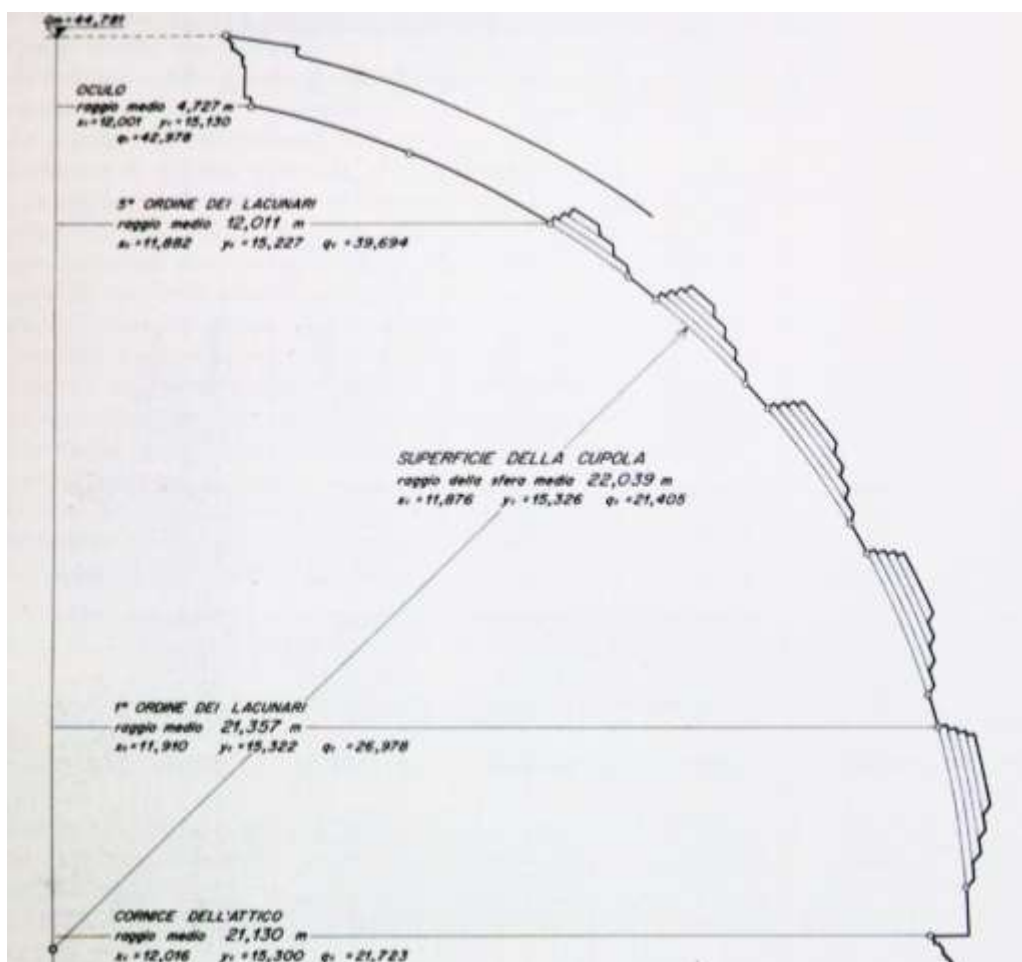


Figura 27 - Sezione della cupola - Pelletti 1989 - Raggio medio 21,357 m

³¹ Graßhoff 2008.

³² Pelletti 1989.

Nel suo volume del 2008 Gene Waddel si occupa invece di legare queste misure della cupola con le antiche unità di misura romane³³. Waddel descrive il diametro della cupola sopra la cornice dell'attico pari a 148 piedi romani (43,80 m) accettando la misura descritta sia da Beltrami nel 1929 sia da K. De Fine Licht nel 1968³⁴. Il rilievo e l'analisi della nuvola di punti (cfr. 5.1.2) hanno evidenziato che la sfera ideale che meglio approssima la cupola ha un diametro di 43,95 m \pm 2cm che corrisponde esattamente alla misura di 149 piedi romani (Figura 28-29).

autore	diametro pianta (m)	h del centro (m)	h della circonferenza dal pavimento (cm)	diametro cupola (m)	valore in piedi romani (0,295 m)
Desgodets	43,88	22,11	41,5	43,39	\approx 147
Solari	44,09	23,05	104	44,02	\approx 149
Piranesi	43,66	22,11	19	43,84	\approx 148
Leclère	43,50	21,68	-24	43,84	\approx 148
Chedanne	-	21,66	-5,5	43,43	\approx 147
Beltrami ³⁵	-		-	43,80	\approx 148
Lamprecht ³⁶	-		-	43,30	\approx 146
Adam ³⁷	-		-	43,30	\approx 146
Esposito ³⁸	-		-	43,40	\approx 147
Graßhoff ³⁹			-	43,98	\approx 149
De Fine Licht ⁴⁰	43,80		-	43,80	\approx 148
Pelletti ⁴¹	44,55			44,07	\approx 149
Rilievo 2017	43,66*	21,46	-50	43,95**	149

Tabella comparativa delle circonferenze ideali costruite sulla sezione del Pantheon.
*43,66 \pm 3cm si riferisce alla circonferenza ideale passante per i punti del muro comprensivo del rivestimento marmoreo (cfr. 5.1.1).
**43,95 \pm 2cm si riferisce alla sfera ideale ottenuta a partire dalla nuvola di punti (cfr. 5.1.2).

³³ Waddel 2008, p. 76.

³⁴ Beltrami 1929 p.35 e Fine Licht 1968, p. 195.

³⁵ Beltrami 1929.

³⁶ Lamprecht 1987.

³⁷ Adam 2013.

³⁸ Esposito-Michetti 1996

³⁹ Graßhoff 2008.

⁴⁰ De Fine Licht 1968.

⁴¹ Pelletti 1989.

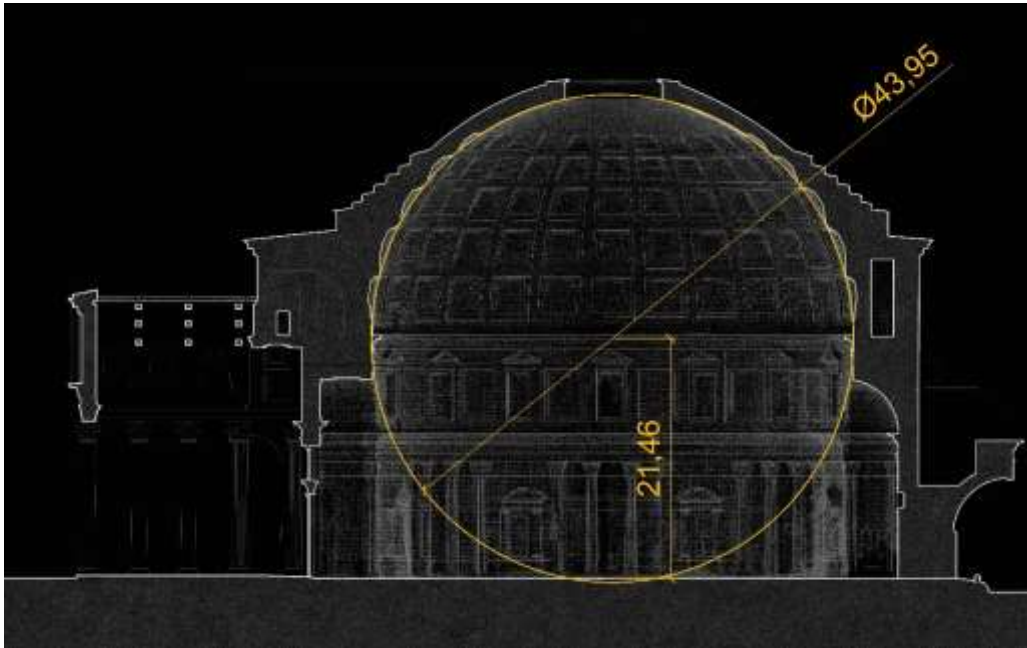


Figura 28 - Sezione longitudinale - Diametro 43,95 m e centro a quota + 21,46

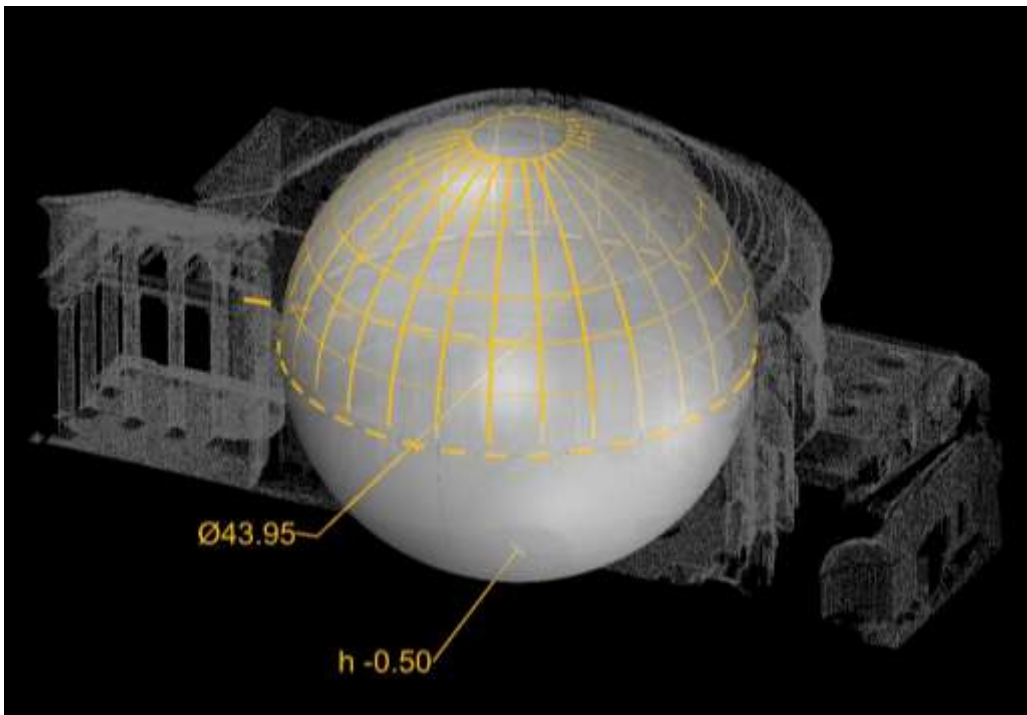


Figura 29 - Vista assometrica della sfera inscritta nel Pantheon - Il diametro è di 43,95 m e la sfera ideale interseca il pavimento "poggiandosi" 50 cm al di sotto della pavimentazione.

6.2 Il Disegno dei cassettoni.

Tra i temi più interessanti e più dibattuti del rilievo del Pantheon è il rapporto degli autori con il disegno dei cassettoni. Di fronte al complesso sistema di rastremazione e inclinazione di questi elementi ognuno di essi fornisce una spiegazione differente alla loro geometria, ed il disegno che ne deriva segue le conoscenze dell'antico e le convinzioni sulle sue proporzioni di ciascun architetto che si cimenta con il rilievo. Di seguito saranno messe in evidenza, a partire dalle sezioni trasversali e longitudinali, le costruzioni geometriche utilizzate per il disegno dei cassettoni.

Nel testo che accompagna la VI tavola, la sezione longitudinale realizzata da Antoine Desgodets, insieme alle altre informazioni di dettaglio sugli ordini e sulle proporzioni, è contenuto un brano in cui sono descritti i cassettoni della volta ed in particolare l'orientamento dei loro lati. Desgodets afferma che l'inclinazione dei lati di ogni cassettone segue una regola ben precisa: tutti convergono verso un solo punto che si trova al centro del Pantheon a cinque piedi di altezza dal suolo. La sua spiegazione a questo orientamento è di natura ottico-percettiva. Grazie a questo accorgimento si evitano le sovrapposizioni tra i lati inferiori e tutti i gradoni appaiono larghi uguali in ognuno dei lacunari⁴².

⁴² *Les Edifices antiques de Rome...1771, op. cit., p. 11*

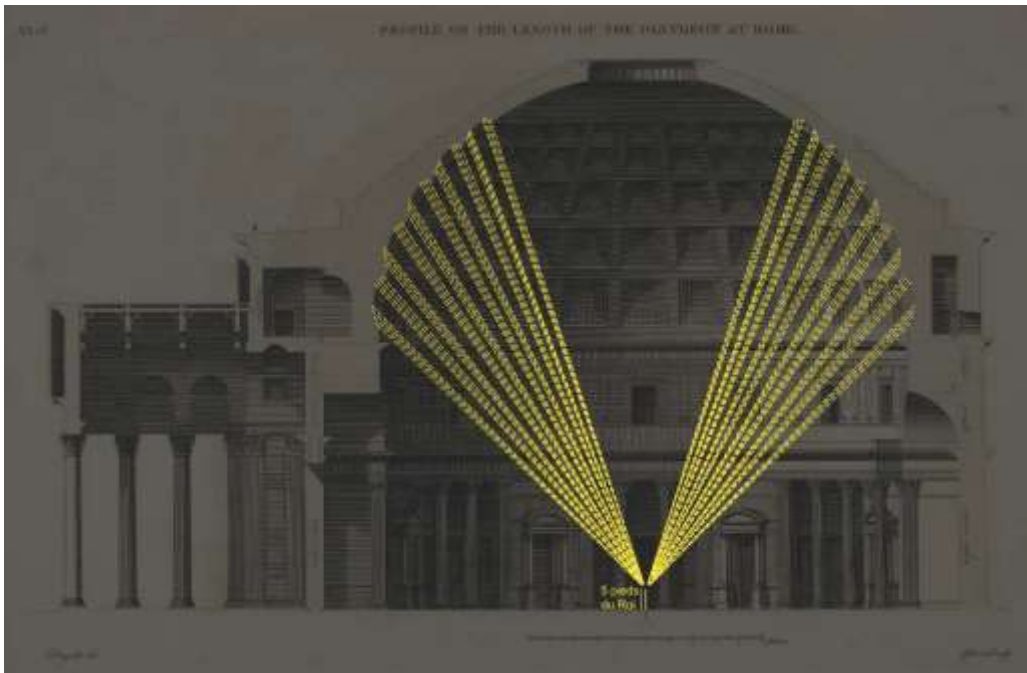


Figura 30- Sezione longitudinale con l'indicazione dell'inclinazione dei cassettoni - Desgodets 1682 - Si noti la convergenza dei lati superiori e inferiori verso un unico punto posizionato a cinque piedi di altezza dal suolo

Nel suo disegno la costruzione dei cassettoni segue perfettamente questo enunciato (Figura 30-31) ed è stato possibile ricostruire le fasi del tracciamento utilizzando una versione della tavola digitalizzata ad alta risoluzione. Tutte le elaborazioni e le descrizioni dei disegni di Desgodets tengono conto delle varie edizioni di cui si è già parlato ma le immagini sono prevalentemente quelle dell'edizione pubblicata in due volumi da George Marshall a Londra nel 1771-1795⁴³.

Desgodets è tra i primi ad effettuare uno studio così approfondito dei cassettoni⁴⁴, come già detto, dedica all'argomento non solo i disegni ma anche un testo per spiegare la direzione dei lati superiori ed inferiori. Ciononostante anche in questo

⁴³ Proveniente dalla sezione: Digital Library for Decorative Arts and Material Culture, della University of Wisconsin-Madison Libraries.

<http://digital.library.wisc.edu/1711.dl/DLDecArts.AncBuild>

⁴⁴ Nella maggior parte dei rilievi dei secoli precedenti, scarsa attenzione era stata posta alle specchiature dei cassettoni, in taluni casi queste erano rappresentate tutte in numero uguale, anche quando lo scopo del disegno erano le decorazioni interne ai cassettoni, come nel caso del disegno della scuola di Gian Lorenzo Bernini conservato presso la Biblioteca apostolica Vaticana (BAV Chig.P.VII.9, f.113r). Prima di Piranesi, di cui vedremo in dettaglio i disegni, solamente Giovanni Antonio Dosio tra il 1549 ed il 1574 rileva la differenza tra i primi 4 livelli che ospitano 4 specchiature e l'ultimo in alto che ne ospita solamente 3.

caso compie delle “correzioni” o “regolarizzazioni” di cui si è ampiamente parlato. Certamente egli rileva, e la conferma è nelle quote indicate nel primo manoscritto, i cassettoni del primo ordine, nei quali sono presenti 4 specchiature. Per estensione egli rappresenterà tutti i cassettoni con queste caratteristiche, “correggendo” anche quelli del quinto livello, i più vicini all’oculo, che invece in realtà ospitano solo 3 specchiature. Questo dato, ancora una volta in contrasto con il “*mesurés et dessinés très exactement*” in realtà dimostra, da un lato, che l’obiettivo principale del suo lavoro è lo studio della misura e dei rapporti proporzionali degli ordini antichi, dall’altro, che anche Desgodets, uomo del suo tempo, offre un’interpretazione del monumento, mediata dalla lettura di Vitruvio e di quella trattatistica cinquecentesca con la quale si confronta.

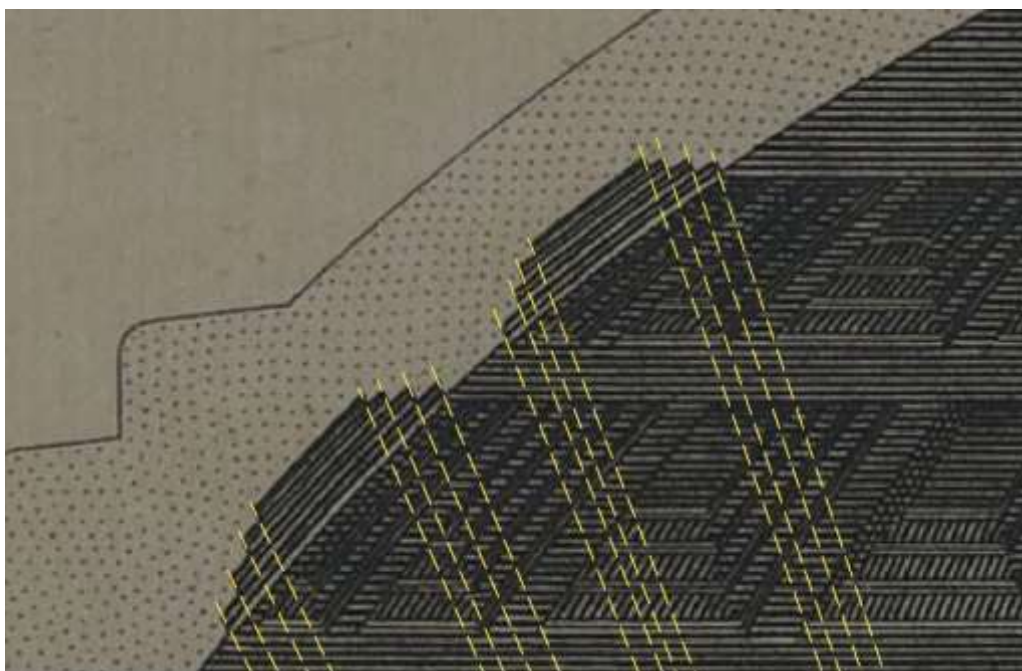


Figura 31- Dettaglio della sezione longitudinale con l'indicazione dell'inclinazione dei cassettoni - Desgodets 1682 - Si noti la convergenza dei lati superiori e inferiori verso un unico punto.

Per il concorso Clementino del 1754 Bonaventura Solari realizza una sezione trasversale del Pantheon (cfr. 3.2 Le sezioni) in cui il tema del disegno dei cassettoni è svolto con una certa attenzione. Solari coglie due aspetti fondamentali della geometria dei cassettoni, il primo già notato da Dosio nel suo rilievo della seconda metà del Cinquecento, riguarda il numero di specchiature

dell'ultimo livello. Il secondo, riguarda la giacitura dei lati superiori ed inferiori del cassettone. Fino a questo momento essi erano stati rappresentati come paralleli, da Palladio e Serlio, o convergenti, da Desgodets. Solari nota che il lato superiore e quello inferiore non solo non sono allineati, ma seguono giaciture differenti. Analizzando i segni lasciati dagli strumenti sul foglio e ricostruendo la geometria della sezione al CAD non è stato possibile trovare una regola per il disegno dei lati superiori del cassettone ma per quelli inferiori il risultato emerso è davvero interessante (Figura 32). Tutti i lati inferiori sono allineati con un punto che si trova al centro della nicchia dell'altare. Solari usa il foro del compasso con cui venne tracciata la nicchia, come punto di fuga (figura solari basso e figura solari dettaglio). In questo caso, dunque, non vi è un esplicito pensiero o una interpretazione "ottica" alla geometria dei cassettoni, come avveniva per Desgodets, troviamo invece una regola, un espediente tecnico per disegnare un oggetto molto complesso.

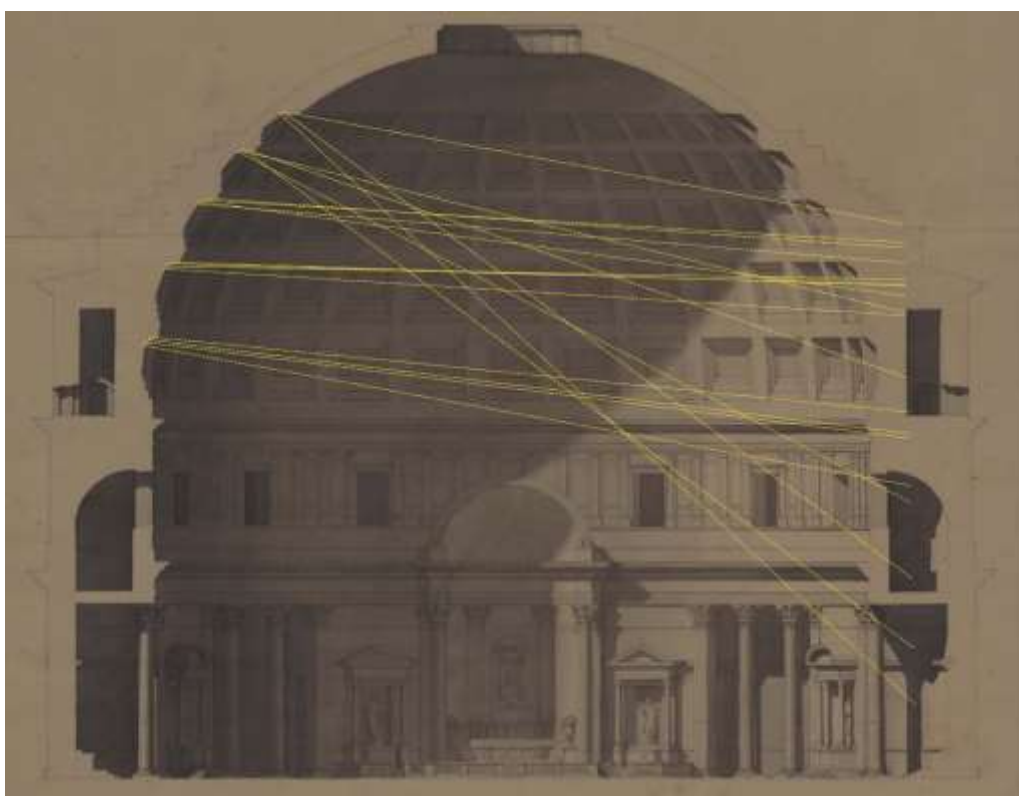


Figura 32 - Sezione trasversale - Solari 1754 - In giallo le giaciture dei lati superiori dei cassettoni.

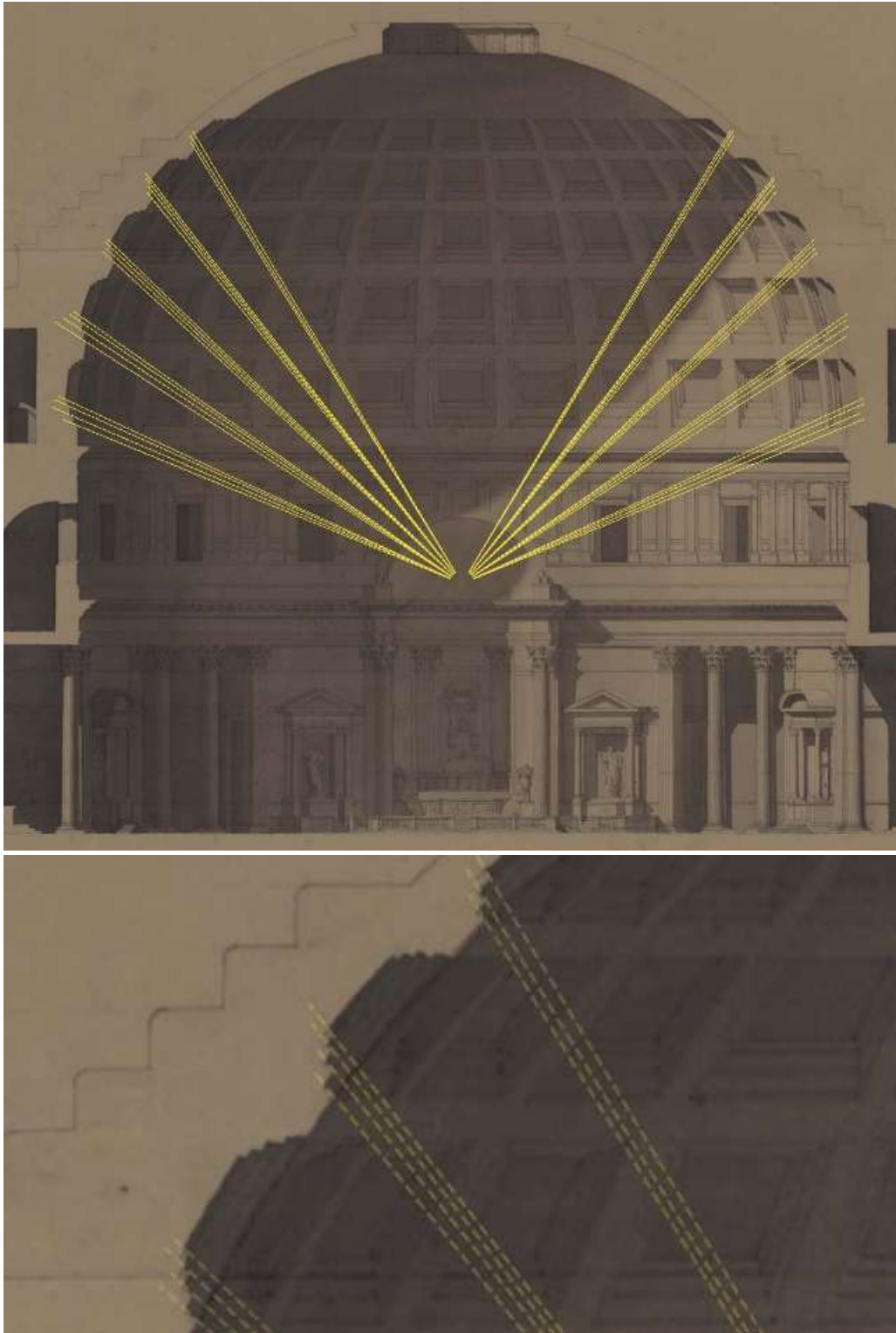


Figura 33 - Sezione trasversale - Solari 1754 - In giallo le giaciture dei lati inferiori dei cassettoni che convergono verso il centro dell'abside.

Nel rilievo condotto da Giovan Battista Piranesi solo due anni dopo il concorso Clementino del 1754, si aggiunge un altro piccolo tassello alla comprensione del disegno dei cassettoni grazie all'opportunità fornita a Piranesi di salire sul ponteggio mobile realizzato per i restauri (cfr. 2.1.4). Piranesi coglie due elementi fondamentali e li rappresenta al meglio, avvicinandosi molto alla geometria e forma dei cassettoni rilevata con gli strumenti contemporanei. Per prima cosa intuisce che i lati inferiori di tutti i livelli sono rivolti verso il basso ma non verso il centro del Pantheon bensì verso una posizione semi centrale a $\frac{1}{4}$ del diametro (Figura 34).

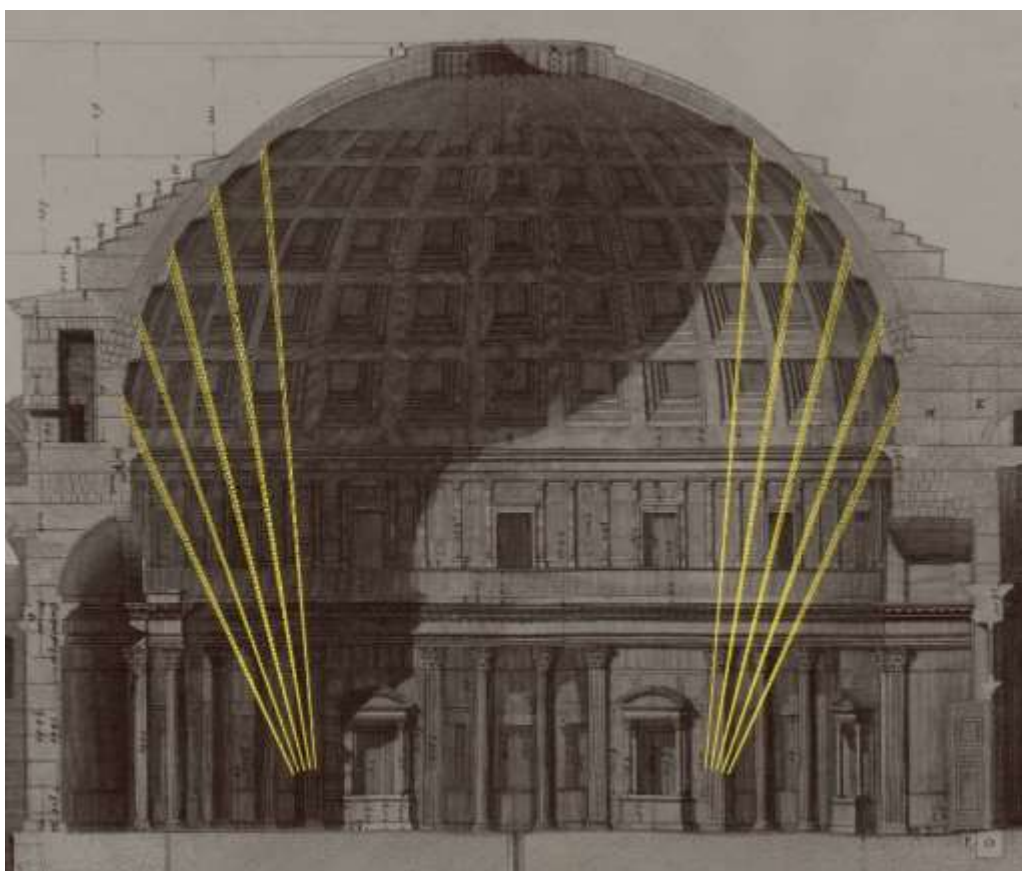


Figura 34 - Sezione trasversale - Piranesi 1756 - In giallo le giaciture dei lati inferiori dei cassettoni che convergono verso una posizione centrale a $\frac{1}{4}$ del diametro.

L'altro aspetto che Piranesi coglie prima di altri è che i lati superiori sono convergenti in un punto che si trova a qualche metro di distanza dall'intradosso della cupola (Figura 35). Queste indicazioni, ed altre osservate in precedenza ci portano a giudicare il suo disegno come più attinente ai dati del rilievo, Piranesi

non esprime una volontà di regolarizzare il disegno, ed è più attento alle questioni costruttive e meno a quelle geometriche.

Il lavoro di Achille Leclère sulla sezione dei cassettoni colpisce per la sua originalità. Tra gli elaborati del suo *envois* troviamo una tavola, dimensioni 100 x 68cm, dedicata al sistema dei cassettoni della cupola e della volta a botte posizionata nell'avancorpo (Figura 36).

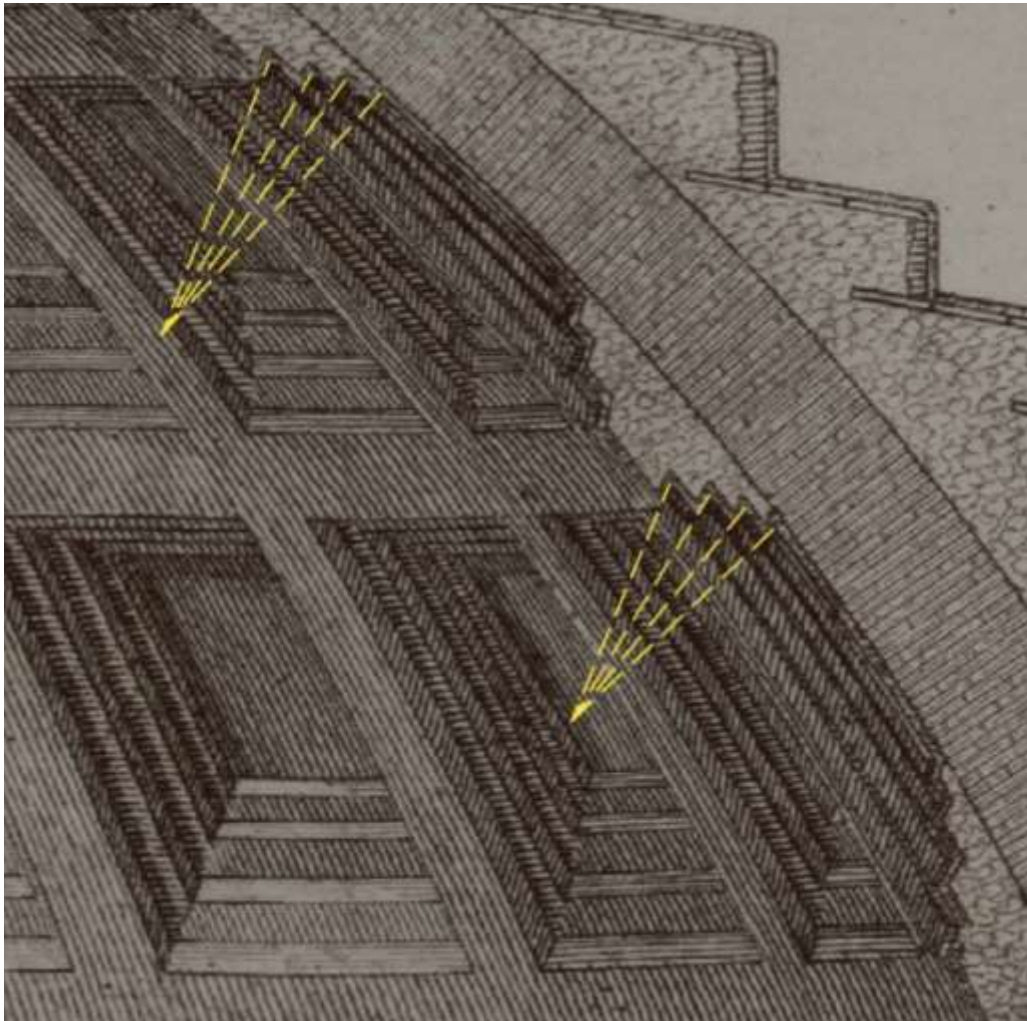


Figura 35 - Sezione trasversale, dettaglio - Piranesi 1756 - In giallo le giaciture dei lati superiori dei cassettoni che convergono verso un punto prossimo all'intradosso.

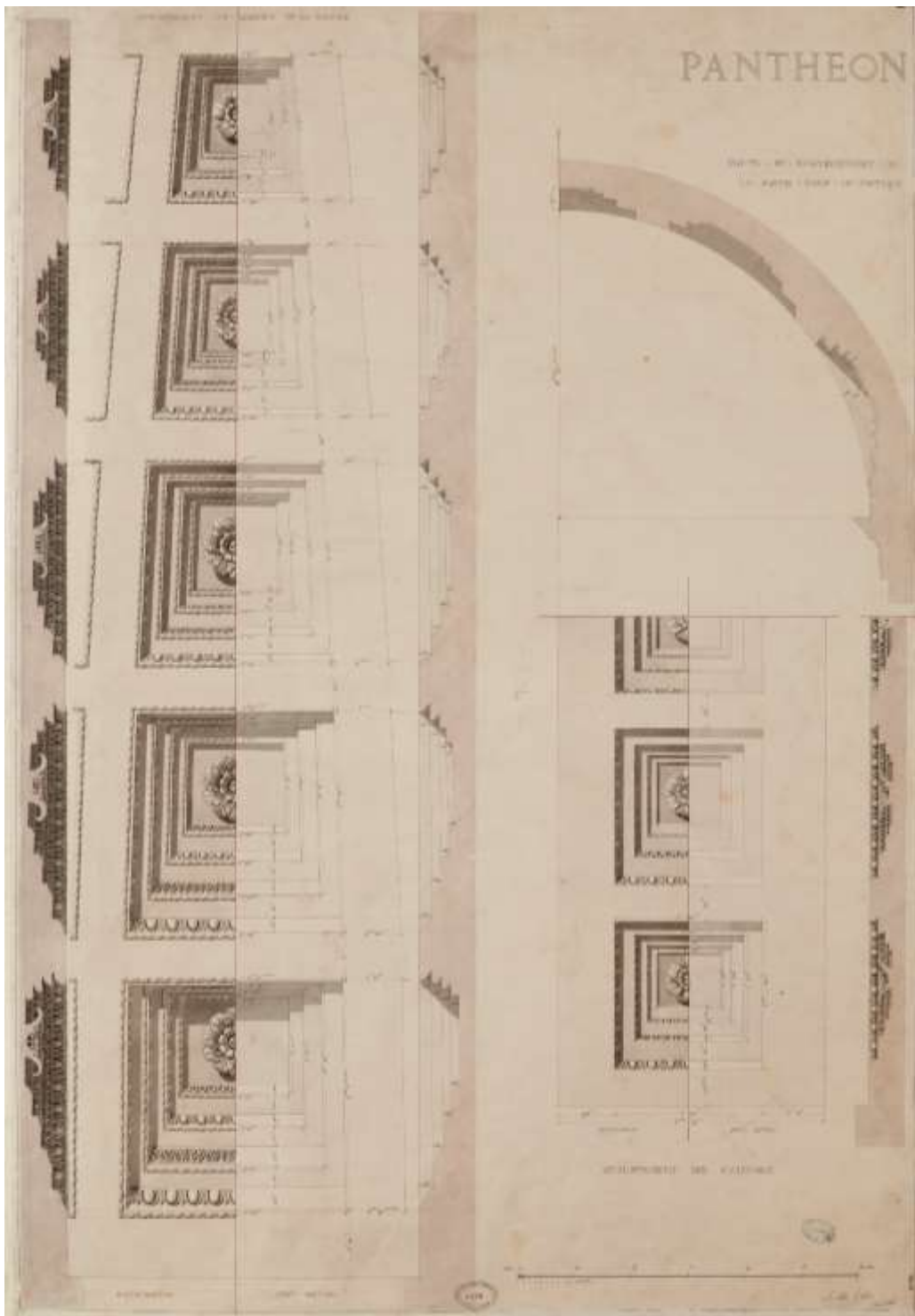


Figura 36 - Studio dei cassettoni della cupola con *Restaurations* - Leclère 1813

La tavola presenta molte novità rispetto a tutti i disegni del Pantheon realizzati fino a questo momento. Per prima cosa egli cambia il tipo di rappresentazione, introduce lo sviluppo della superficie sferica sul piano, presentando così una sezione ed un prospetto. Il disegno principale "*Développement des caissons de la coupole*" è diviso a metà, sulla destra troviamo l'*état actuel* sulla sinistra invece la *Restauration*. Il disegno è molto accurato e ricco di dettagli e quote, ogni livello di cassettone è quotato in lunghezza, larghezza e profondità. Un dato rilevante è la prevalenza della *Restauration* sul rilievo. Questo aspetto, per certi versi riconducibile a quella necessità di restituire l'immagine antica del monumento come richiesto dai regolamenti dell'École, induce Leclère in errore. I lati superiori dei cassettoni non sono così come egli li rappresenta, la sezione di lati superiori non è una linea spezzata che in parte si dirige verso il pavimento ed in parte verso il centro della sfera (Figura 37). Leclère interpreta così quelle superfici per adattare alle decorazioni della sua ricostruzione (kyma ionico con ovuli, kyma lesbio continuo, ecc.) probabilmente perché non tiene conto della presenza di lastre di piombo di rivestimento delle quali abbiamo testimonianza certa da documenti storici (cfr. 1.1.3).

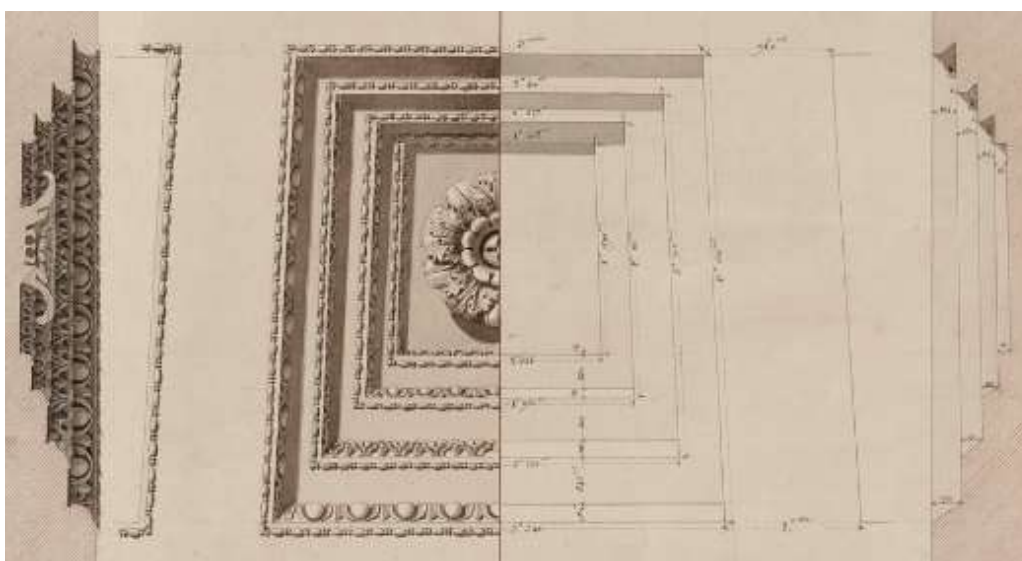


Figura 37 - Studio dei cassettoni della cupola con *Restaurations*, Dettaglio di un cassettone con decorazioni - Leclère 1813

Per queste ragioni, nonostante l'attenzione che Leclère dedica al disegno dei cassettoni il suo lavoro non è paragonabile a quello degli altri autori. A guidare la sua interpretazione dell'inclinazione dei lati dei cassettoni non sono solamente aspetti percettivi, ma anche la costruzione di un complesso apparato decorativo.

Pertanto in questo caso non è possibile individuare una direzione principale per i lati dei cassettoni da mettere a confronto con le altre.

Nel 1860 Antoine Jean Baptiste Rondelet⁴⁵, pubblica a Parigi un volume dal titolo: “*Étude sur la coupole du Panthéon de Rome*”. Il suo legame con il Pantheon e con lo studio delle cupole ha radici solide, il padre Jean Baptiste⁴⁶ ha ereditato da Soufflot nel 1780 l’arduo compito di terminare i lavori dell’*église de Sainte-Geneviève*⁴⁷ (Il Panthéon di Parigi). Formatosi alla scuola del padre e nell’atelier di Jean-Louis-Nicolas Durand⁴⁸, Antoine lavorerà alle operazioni di restauro della cupola del Panthéon di Parigi ed il suo interesse allo studio del Pantheon di Roma è tutt’altro che scolastico. Il suo lavoro sulla geometria dei cassettoni inizia con l’analisi dei disegni che Leclère invia all’*École des Beaux-Arts* nel 1813. Secondo Rondelet dopo i lavori di F. Piranesi e Desgodets non c’è edificio più noto a chi si occupa di belle arti del Pantheon di Roma. Ciononostante sottolinea che alcuni aspetti, come ad esempio il disegno dei cassettoni, sono stati solo accennati da Desgodets e ripresi da Quatremère de Quincy⁴⁹ e Leclère che vi dedicherà un’intera tavola del suo *envoi*. A partire da questi rilievi Rondelet produce un volume di 12 pagine più 3 tavole contenenti 18 disegni con relative scale metriche, con le quali intende studiare ed illustrare le ragioni della geometria dei cassettoni.

Nelle premesse Rondelet fa riferimento alla trattatistica classica citando il “*De Architectura*”⁵⁰ ed assume il rilievo di Leclère come dato di partenza ponendosi l’obiettivo di spiegare come mai ogni cassettone abbia sui lati un profilo perpendicolare alla superficie della sfera ma in alto ed in basso una superficie inclinata. Nella prima tavola (Figura 38.), uno sviluppo della superficie della cupola ospita una scala grafica pari a 5 metri e il rilievo di Leclère a confronto con un’ipotesi di costruzione geometrica dei cassettoni⁵¹.

⁴⁵ Antoine-Jean-Baptiste Rondelet, Parigi 1785- 1863.

⁴⁶ Jean-Baptiste Rondelet, Lione 1713-1829.

⁴⁷ Bianca Gioia Marino, Cupole e restauro, Il Panthéon di Parigi tra scienza, architettura e conservazione, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli 2012.

⁴⁸ Les architectes élèves de l’École des beaux-arts, 1793-1907 by David de Penanrun, Louis Thérèse; Delaire, Edmond Augustin, 1856-; Roux, F. Published 1907.

⁴⁹ Il rapporto con Quatremère de Quincy, che è a Roma tra il 1776 ed il 1784 nasce sul cantiere del Pantheon di Parigi dove Quatremère lavorerà tra il 1791 ed il 1793. Il testo a cui fa riferimento è il *Dictionnaire historique d'architecture comprenant dans son plan les notions historiques, descriptives, archéologiques... de cet art par M. Quatremère de Quincy,....* 1832.

⁵⁰ Lacunaria ad circinum delumbata (Vitruvio, lib VI, cap. V).

⁵¹ Rondelet utilizza un metodo classico per disegnare i cinque livelli di cassettoni sfruttando quadrati inscritti in circonferenze progressivamente più piccole, questo consente di mantenere le proporzioni pur diminuendo le dimensioni verso l’alto della cupola.

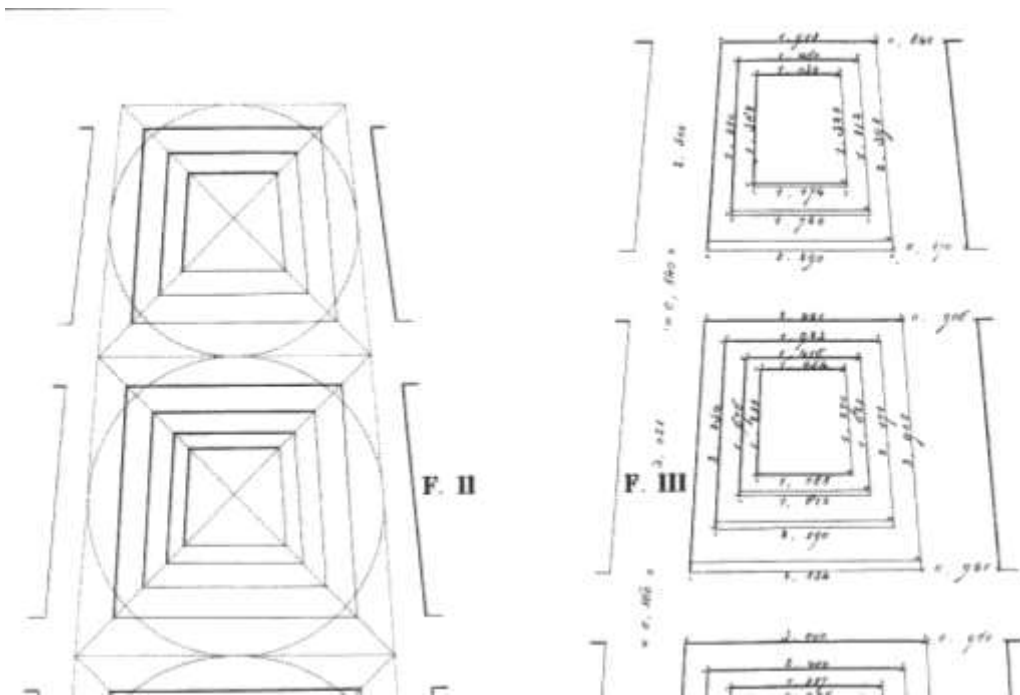


Figura 38 - Studio dei cassettoni della cupola - Rondelet 1860

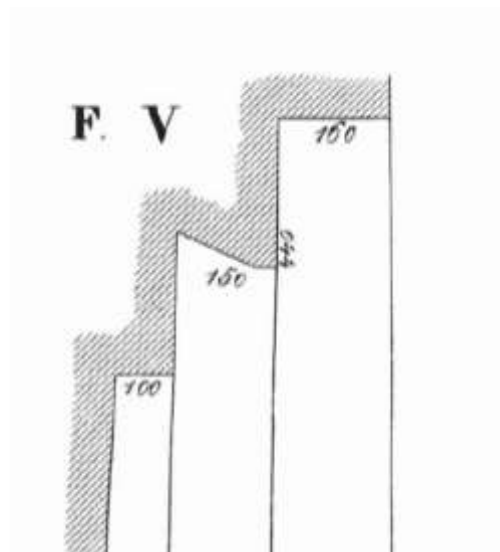
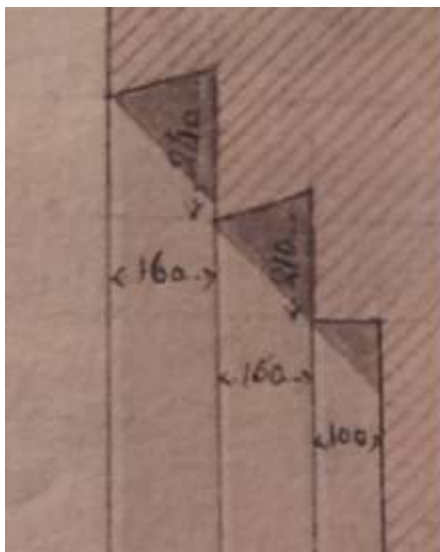


Figura 39 - Confronto tra il rilievo del V livello di cassettoni, a sinistra la sezione secondo Leclère a destra il ridisegno di Rondelet.

Nella seconda tavola (Rondelet, Planche II) Rondelet ridisegna la sezione di tutti i cassettoni rilevata da Leclère inserendo anche una pianta, un prospetto ed una

sezione del Pantheon, e qui si osservano le prime incongruenze tra il suo lavoro e quello di Leclère. Le sezioni messe a confronto evidenziano un ridisegno poco attento di Rondelet che "corregge" Leclère in modo molto evidente e sostanziale (Figura 39). Nella stessa tavola ma sulla sezione trasversale del Pantheon, sono rappresentate alcune delle conclusioni del suo studio sulla geometria. Le sue considerazioni iniziano con una critica al disegno di Desgodets, al quale viene contrapposto lo studio di Leclère. Rondelet sostiene che i lati superiore ed inferiore non convergono in un solo punto al centro del Pantheon e a 5 piedi di altezza dal suolo, bensì solamente i lati inferiori dei cassettoni del primo ordine convergono in un punto che però si trova 20 piedi al di sotto del pavimento (Figura 40). Con questa affermazione Rondelet vuole stigmatizzare, e lo scrive esplicitamente⁵², una lettura tendenziosa dell'architettura attraverso la trattatistica. Desgodets, sostiene Rondelet, aveva forzato le sue osservazioni attraverso le lenti dell'ottica derivata dalla trattatistica classica. Infine dopo aver criticato la scelta della rappresentazione di luce ed ombra di Piranesi conclude affermando che la motivazione alla base delle differenti inclinazioni dei lati dei lacunari sia legata alla volontà di accentuare con i lati superiori un effetto d'ombra e di profondità dello stesso cassettone, mentre l'inclinazione del lato inferiore ha come obiettivo quello di riflettere i raggi di la luce provenienti dall'oculo.

Il disegno dei cassettoni realizzato da George Chedanne per il suo *envoi* del 1892 rappresenta un'ulteriore interpretazione di questo complesso tema. Come la maggior parte dei suoi predecessori, Chedanne disegna i cassettoni con giaciture diverse tra lati superiori ed inferiori, ma la sua originalità consiste considerare i lati superiori tutti convergenti in un centro (Figura 41).

⁵² "Il fallait donc y regarder à deux fois avant d'attribuer à un savant calcul de la part des anciens, ce qui, en fin de compte, pouvait fort bien ne résulter que d'une surprise de l'intelligence. Il s'agit de ce qui vient d'être dit; que l'intention de satisfaire à une indication spacieuse et dont rien ne justifiait l'importance, au prix d'un aussi grand sacrifice, peut naturellement être révoquée en doute". Rondelet 1860, p.8.

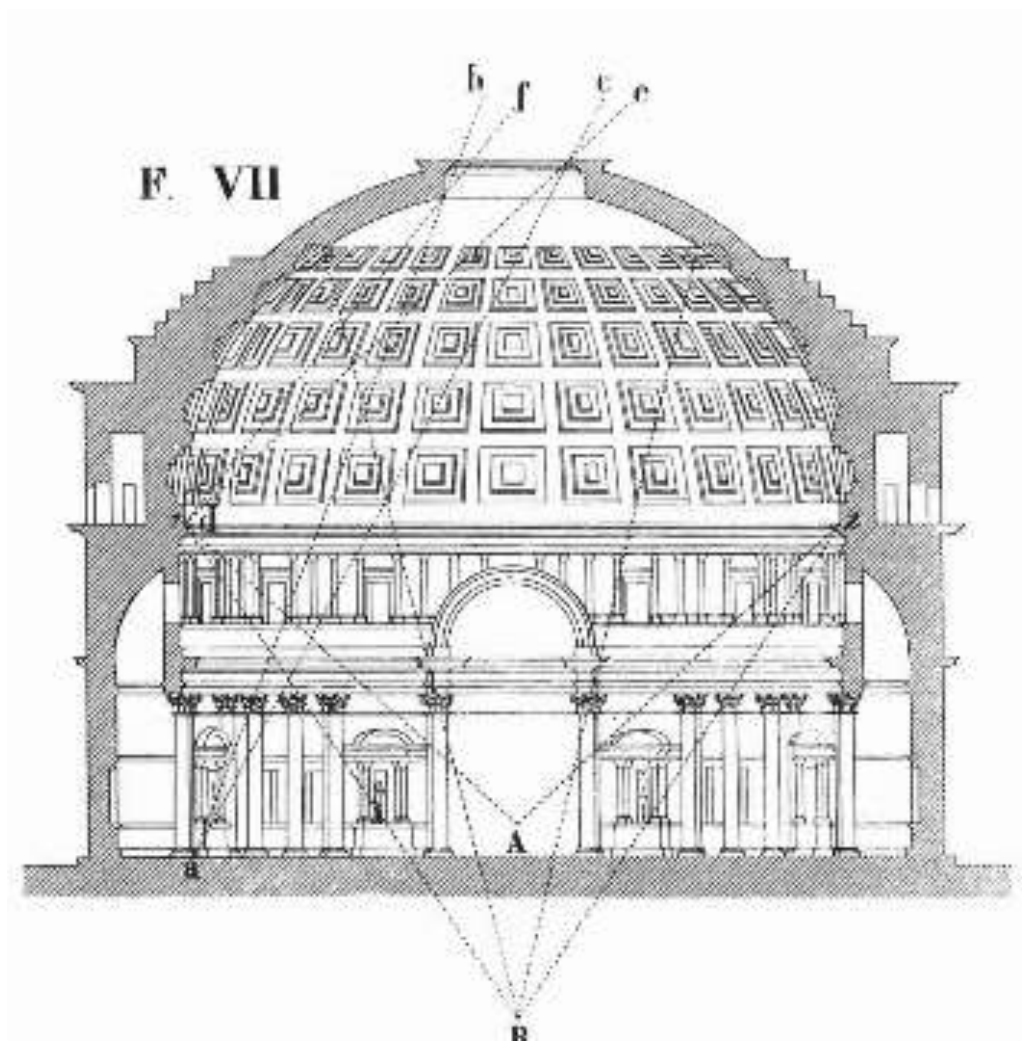


Figura 40 - Sezione trasversale che mostra le conclusioni dello studio di Rondelet.

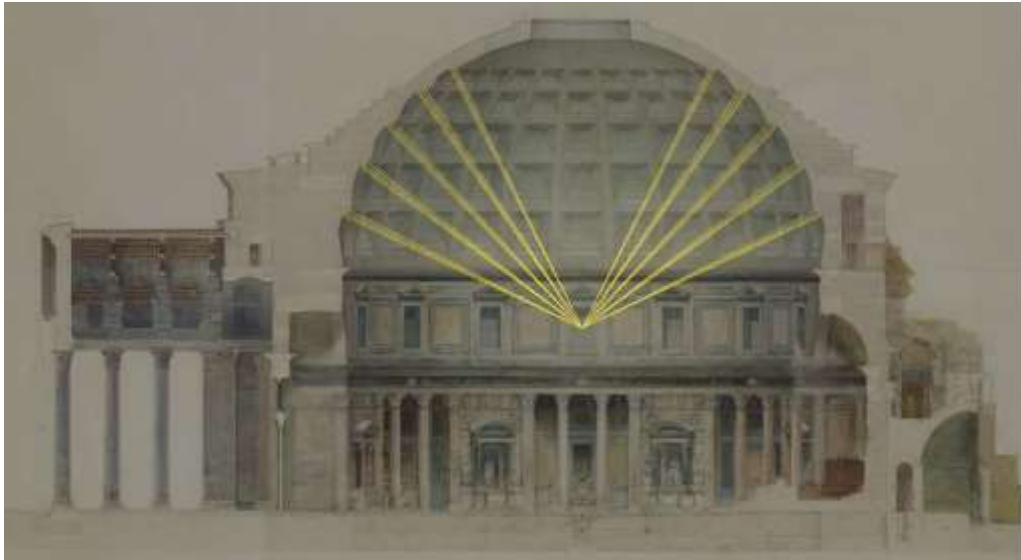


Figura 41 - Sezione longitudinale - Chedanne 1892 - In giallo le giaciture dei lati superiori dei cassettoni che convergono in un punto centrale segnato da un foro di compasso.

La determinazione di questo punto è stata possibile sia grazie al ridisegno al CAD della geometria, sia grazie all'osservazione diretta del disegno originale presso la biblioteca dell'*Académie* a Parigi. Sulla sezione, in corrispondenza del punto individuato geometricamente è stato rinvenuto un foro di compasso, probabilmente utilizzato come punto di fuga delle rette che determinano il cassettone.

Un'analogia costruzione per determinare la giacitura dei lati inferiori non ha evidenziato alcuna convergenza, piuttosto, ha messo in evidenza una buona simmetria nel disegno dei cassettoni, i cui lati inferiori sono orientati verso il pavimento del tempio senza però disegnare alcun centro (Figura 42).

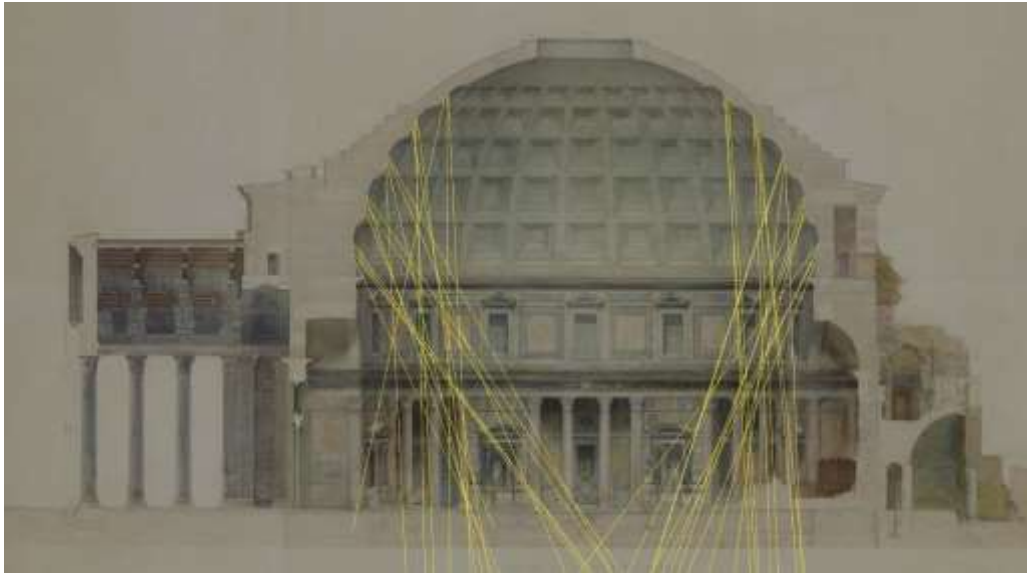


Figura 42 - Sezione longitudinale - Chedanne 1892 - In giallo le giaciture dei lati inferiori dei cassettoni che orientati genericamente verso il basso.

Nei disegni realizzati nel 1892 da Luca Beltrami e Pier Olinto Armanini, che lavorano contemporaneamente a George Chedanne, si può trovare un'altra chiave di lettura allo stesso tema. Beltrami, che dispone dei disegni di Armanini dopo la sua scomparsa, rielabora un particolare della sezione per la pubblicazione del 1929 "Il Pantheon rivendicato ad Adriano"⁵³ cercando di interpretare la geometria del cassettone non più in funzione di leggi ottico-percettive, ma ribaltando il problema e, probabilmente, legandolo alla sua costruzione. Il cassettone disegnato da Beltrami suggerisce una convergenza delle giaciture non verso il centro della sfera o il pavimento, come descritto da tutti fino a quel momento, bensì all'estradosso. Una lettura così differente e così innovativa potrebbe avere attinenza con un disegno contenuto nel *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle* di Viollet-le-Duc⁵⁴. Beltrami compie parte dei suoi studi in Francia presso *l'Ecole des beaux arts* di Parigi nel 1877 e probabilmente ha modo di leggere il *Dictionnaire* che alla voce "volte" (*voûte*) riporta come esempio la cupola del Pantheon e un'ipotesi di centinatura. È dunque possibile che Beltrami seguendo l'ipotesi costruttiva di Viollet-le-Duc, sposti il punto di osservazione dall'intradosso all'estradosso (Figura 43).

⁵³ Beltrami 1929.

⁵⁴ Viollet-le-Duc, 1875.

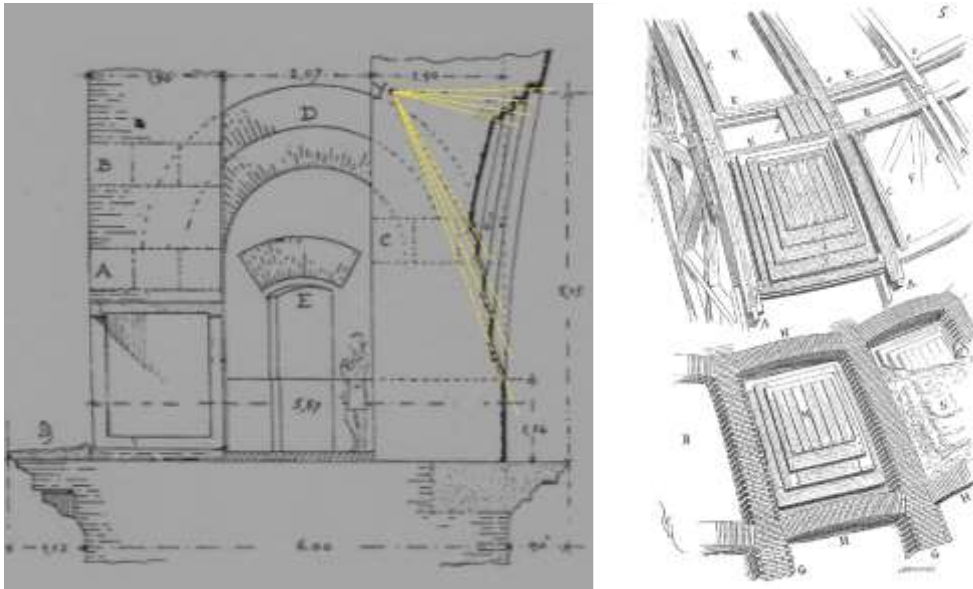


Figura 43 - Luca Beltrami e Viollet-Le-Duc rappresentano il cassettone secondo un punto di vista opposto, legato alla costruzione, dall'estradosso della centina.

Analizzando i dati del rilievo strumentale non vi è riscontro rispetto a questo allineamento tra i lati inferiori e superiori ma l'ipotesi di studiare i cassettoni e la loro inclinazione in funzione della costruzione della cassaforma ha suggerito una nuova interpretazione: che il disegno dei cassettoni sia legato tanto alla "percezione" quanto alla "costruzione".

Il tema è stato oggetto di numerose pubblicazioni⁵⁵ che hanno osservato l'inclinazione dei cassettoni grazie a rilievi strumentali con un elevato grado di precisione ed una grande quantità di dati a disposizione. Il lavoro del 1995 di Maria Teresa Bartoli si fonda sul rilievo topografico pubblicato da Marco Pelletti nel 1989. Le conclusioni di questo studio riguardano principalmente le ragioni percettive del disegno dei cassettoni che la Bartoli dimostra utilizzando la proiezione sulla cupola di un settore composto da quadrati. Il presupposto dello studio è che l'obiettivo dell'architetto costruttore del Pantheon fosse quello di "realizzare un disegno da percepire «a quadri» sull'intradosso della semisfera"⁵⁶. La soluzione prospettata conserva alcune delle proprietà dei quadrati proiettati sulla cupola, ad esempio l'angolo a 45° formato tra la base del cassettone e le diagonali, e chiama in causa un centro di proiezione collocato sul pavimento ad una distanza pari al raggio della cupola (Figura 44).

⁵⁵ Bartoli 1995, Valenti 2009, Aliberti 2015, Aliberti 2017,

⁵⁶ Bartoli 1995, p. 53.

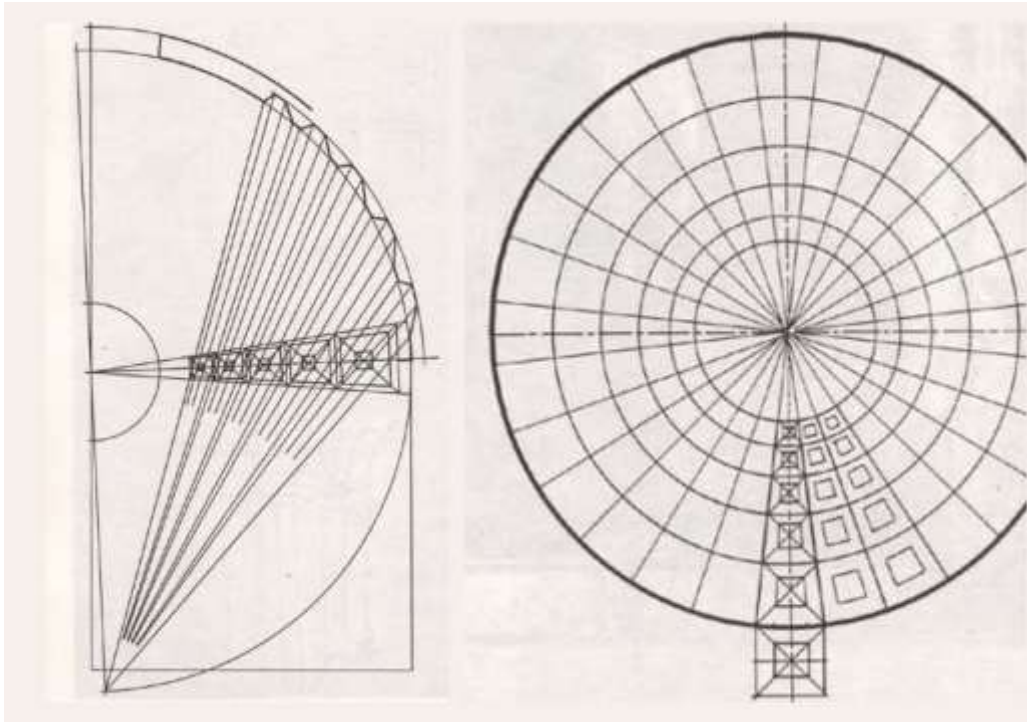


Figura 44 - Metodo di proiezione dei riquadri dei cassettoni sulla cupola - Bartoli 1995

Dal disegno della Bartoli emergono due punti chiave. Il primo è che il centro di proiezione non riguarda le inclinazioni dei lati superiori ed inferiori dei cassettoni, come invece sostenuto da Desgodets e Rondelet, ma è necessario per valutare la proiezione delle specchiature quadrangolari sulla superficie sferica. Il secondo punto è che per ottenere una corrispondenza tra la sezione e la pianta, il centro di proiezione deve essere spostato rispetto all'asse della cupola, confermando così che il punto di osservazione privilegiato dei cassettoni non è il centro della pianta.

Gli studi di Valenti e Aliberti si basano su nuvole di punti generate da un rilievo con laser-scanner, ed entrambi compiono numerose sezioni dei lacunari. Valenti identifica una coppia di centri di proiezione, poli, a cui riferire il disegno dei cassettoni⁵⁷. Il primo sarebbe il centro dei lati superiori, collocato esattamente nel centro della cupola, il secondo, per i lati inferiori, sarebbe posizionato al di sotto del livello del terreno ad una distanza pari ad un diametro dal centro della cupola (Figura 45).

⁵⁷ Valenti 2009, p. 230.

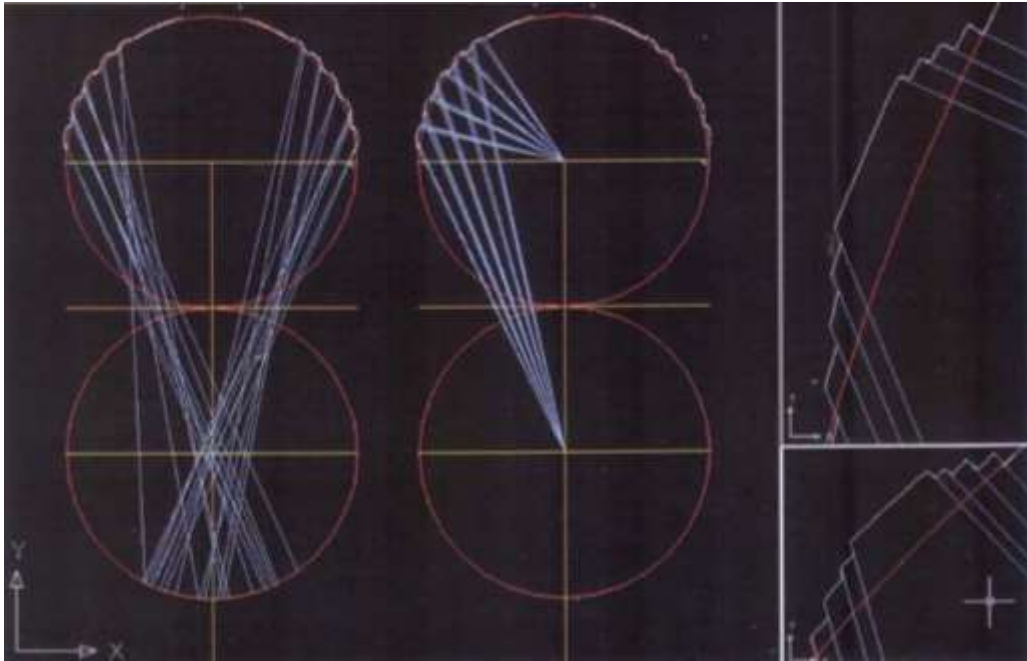


Figura 45 - Studio sulle giaciture dei lati superiori e inferiori del Pantheon - Valenti 2009

In realtà osservando lo stesso disegno di Valenti l'area in cui convergono i raggi è piuttosto estesa, i centri di proiezione vengono identificati operando una approssimazione molto larga. Questo procedimento, chiaramente esplicitato nel testo, induce lo stesso autore a definire "ideale" il secondo disegno in cui si riproiettano i lati dei cassettoni a partire dai due centri⁵⁸. Il dato che emerge da questa analisi è una similitudine con quelle "correzioni" compiute da Desgodets guidate dalla necessità di attribuire un unico centro di proiezione ai lati superiori e inferiori dei cassettoni.

La tesi sostenuta dalla Aliberti nelle sue pubblicazioni ripercorre in parte la stessa indagine. Analizzando la nuvola di punti vengono sovrapposte numerose sezioni estraendo su base statistica una direzione media per il primo lato superiore ed inferiore del lacunare (Figura 46). L'analisi di queste direzioni medie permette alla Aliberti di dichiarare con certezza che non esiste un unico polo di proiezione, ma che si nota un aumento progressivo dell'inclinazione e che i lati inferiori dei lacunari sono orientati verso il suolo ma lontani dal centro della sfera.

⁵⁸ Valenti 2005, p.225.

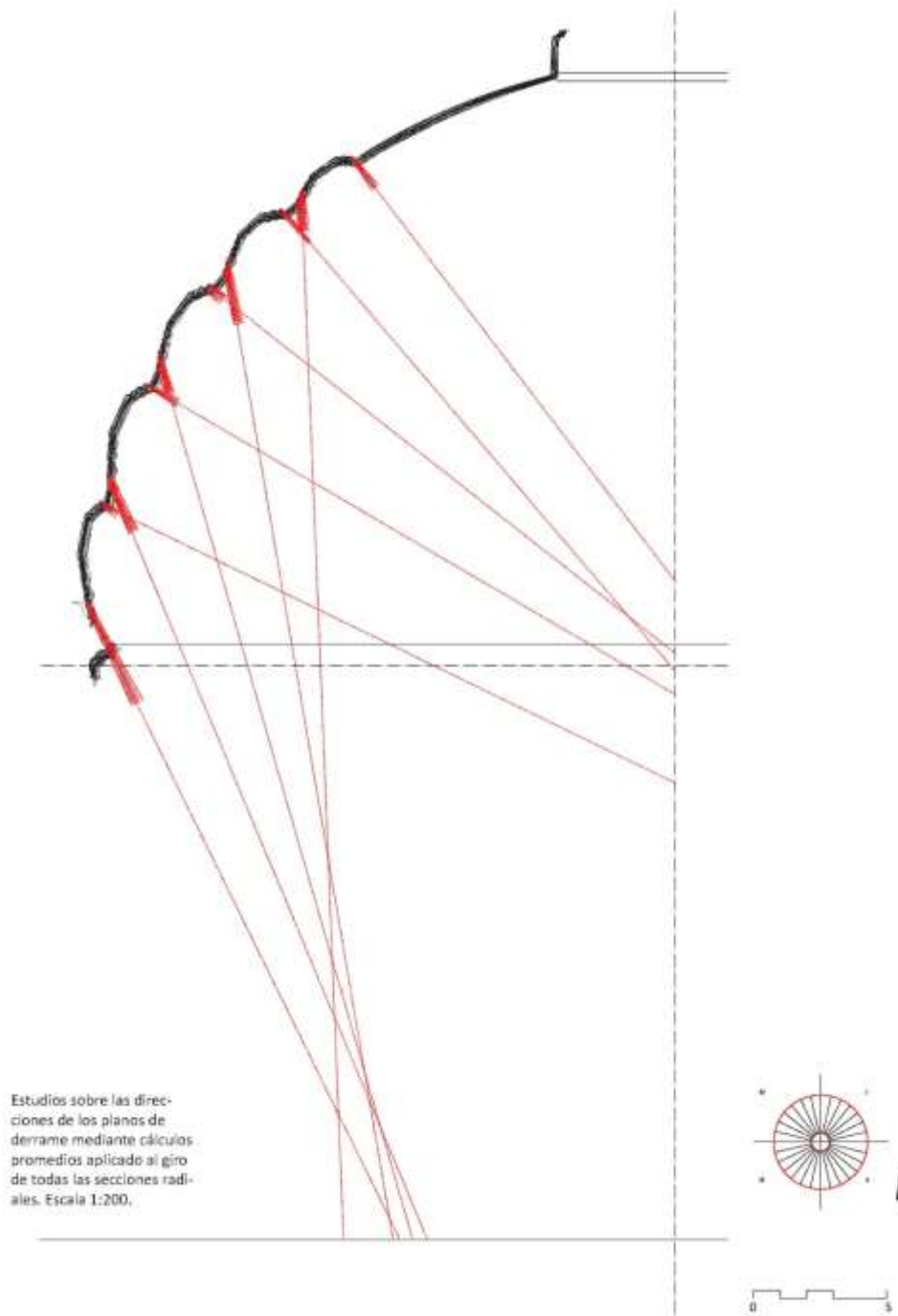


Figura 46 - Studio sulle giaciture dei lati superiori e inferiori del Pantheon - Aliberti 2015

Il limite di questa analisi è rappresentato proprio dalle sue premesse, analizzando solo il primo lato dei cassettoni, si perde di vista la relazione tra le specchiature interne e quelle esterne e l'interpretazione di questo dato fornita dalla Aliberti ed utilizzata per la costruzione del modello tridimensionale risulta nuovamente una costruzione "ideale" in cui i lati superiori convergono al centro della sfera, quelli inferiori in un punto "ad una certa distanza dal centro"⁵⁹.

Per comprendere meglio le analisi condotte dagli studi precedenti e verificarne i risultati sono state realizzate 28 sezioni verticali della nuvola di punti in corrispondenza della bisettrice di ogni settore (Figura 47). Ognuna di queste "sezioni geometriche" è stata estratta dalla nuvola selezionando i punti prossimi al piano verticale, proiettando gli stessi sul piano ed estraendo con un algoritmo di *fit* la sezione (cfr. 5.2). L'algoritmo, come descritto nel capitolo 5, analizza la distribuzione dei punti nello spazio e genera una linea per ogni tratto a derivata costante (Figura 48).

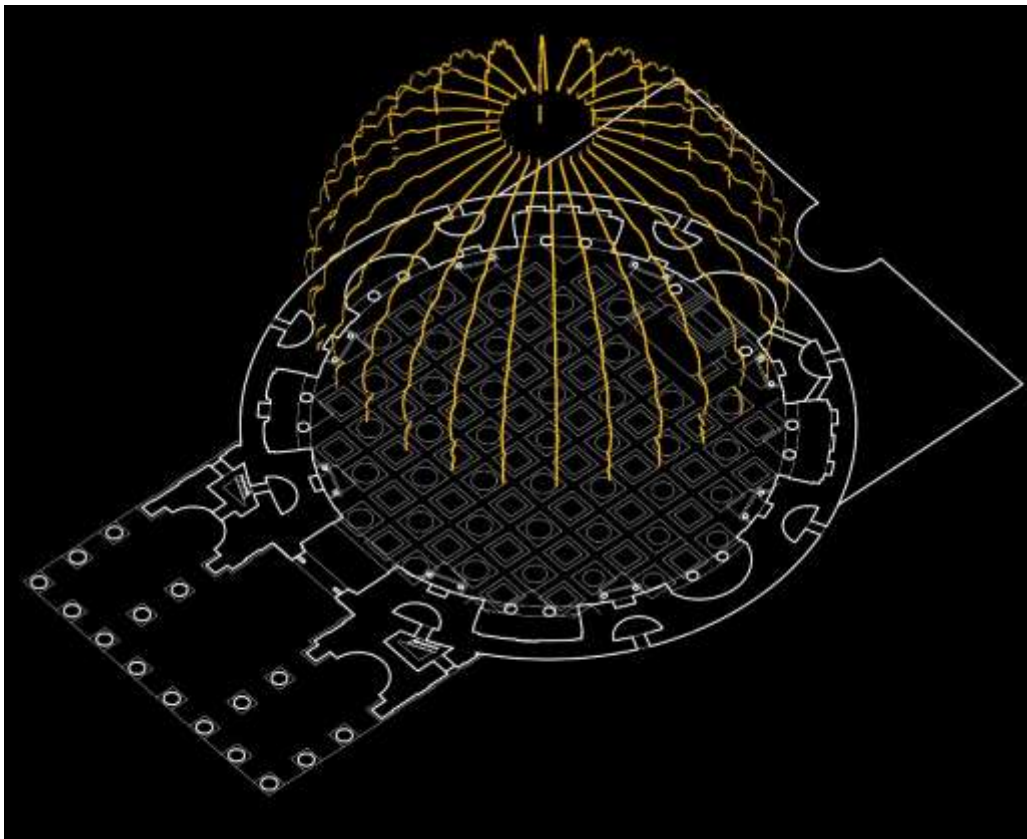


Figura 47 - L'insieme delle 28 sezioni verticali alla base delle analisi sui cassettoni

⁵⁹ "the upper connecting surface were built as radial, and the inferior ones converged to a point at a certain distance from the centre[sic!]". Aliberti 2017, p.376.

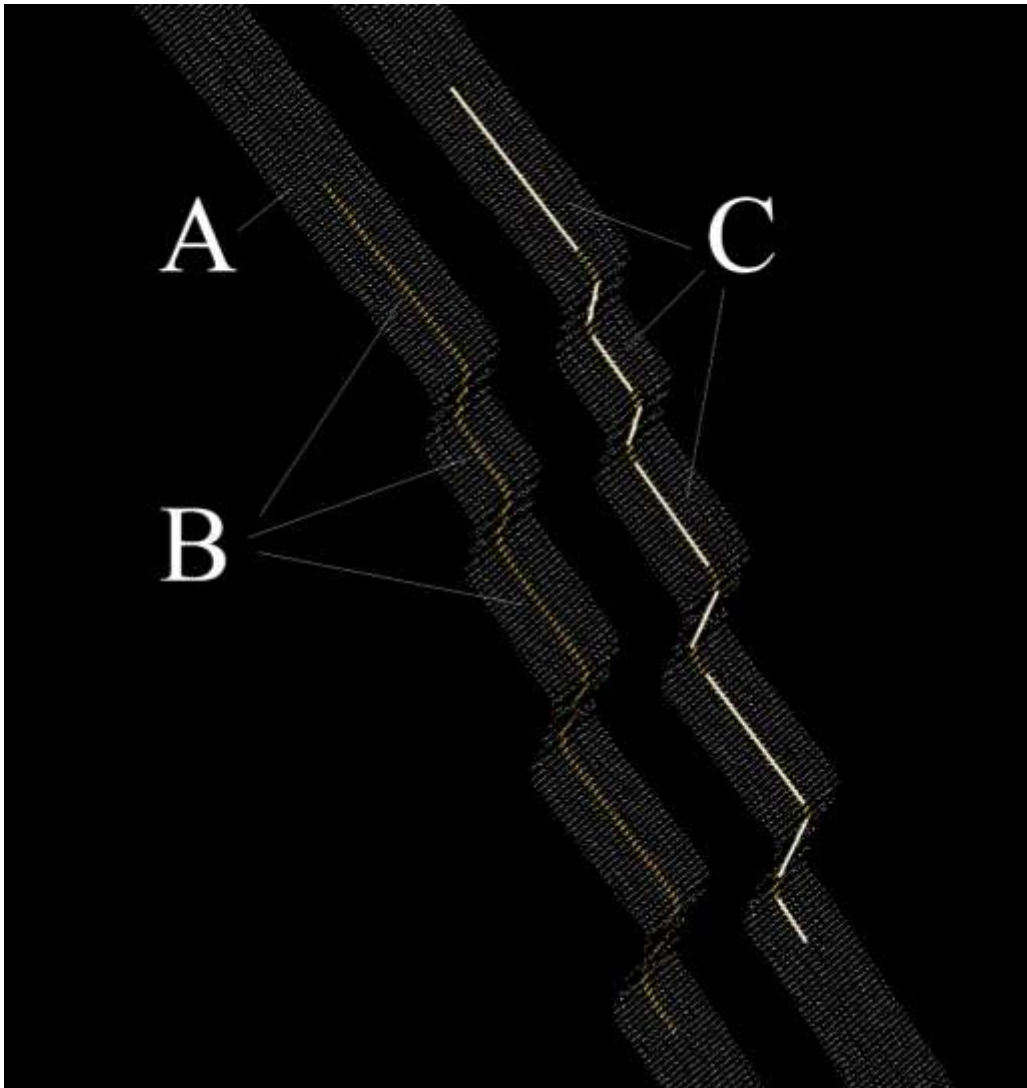


Figura 48 - A - porzione della nuvola di punti definita come "intorno" rispetto al piano di sezione; B - proiezione dei punti sul piano di sezione; C - costruzione della "sezione geometrica" attraverso l'algoritmo di *fit*.

Con questo metodo le sezioni individuate sono coincidenti con la nuvola di punti e il loro grado di accuratezza dipende dalla qualità dello strumento. L'obiettivo è quello di acquisire un dato, la sezione dei cassettoni, quanto più possibile oggettivo. L'uso di queste procedure semi-automatiche non elimina il contributo fornito dal rilevatore, semplicemente sposta la fase dell'interpretazione, della

selezione, ad un momento successivo⁶⁰. Grazie alla lettura di queste sezioni è possibile affermare, e disegnare, alcune ipotesi sulla geometria dei cassettoni.

La prima deduzione riguarda l'inclinazione dei lati inferiori. Come sostenuto da tutti gli autori citati⁶¹ vi è una motivazione di tipo percettivo: l'angolo ottuso del lato inferiore consente di lasciare in vista le specchiature interne, tuttavia non vi è alcuna possibilità di rintracciare uno o più centri di proiezione per tre solide ragioni. Per cominciare ricordiamo che i cassettoni dovevano essere ricoperti da lastre di piombo delle quali non abbiamo alcuna rappresentazione né descrizione tranne che per dare conto dello stato di degrado in cui versano nel 1753⁶². Come secondo argomento aggiungiamo che gli innumerevoli restauri, tra cui quello più documentato di Terenzio nel 1925⁶³, hanno modificato in maniera sostanziale la geometria dei cassettoni con un largo uso di rete metallica a cui far aderire l'intonaco. Entrambe le motivazioni non sembrano legate direttamente alla sezione geometrica estratta dalla nuvola di punti ma di fatto la chiariscono. Il terzo elemento è proprio la sezione, o meglio tutte le sezioni di tutti i cassettoni (Figura 49).

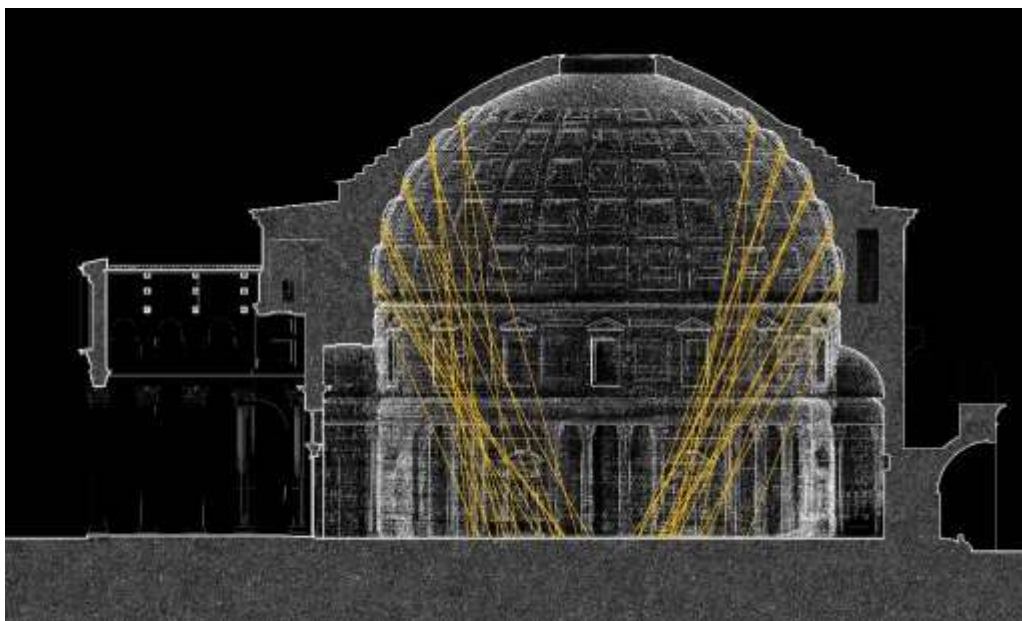


Figura 49 - Sezione trasversale - In giallo l'inclinazione dei lati inferiori dei cassettoni.

⁶⁰ Bianchini 2014, p.764.

⁶¹ Tranne che per Rondelet il quale lega l'inclinazione alla riflessione della luce proveniente dall'alto. Rondelet 1860, p.10.

⁶² Pasquali 1996, p.78 nota 7.

⁶³ Crucianelli 2007, p.33

Guardando a queste sezioni si riscontra che non vi è alcuna convergenza, alcuna "regola" in grado di spiegare l'inclinazione dei lati inferiori e le ragioni sono quelle appena citate. La figura 50 raccoglie insieme tutte le giaciture di tutti i lati inferiori dei cassettoni mostrando che queste sono orientate verso un'ampia area circolare posizionata tra il centro e $\frac{1}{2}$ del raggio ma la stessa figura mostra chiaramente l'assenza di una qualunque convergenza.

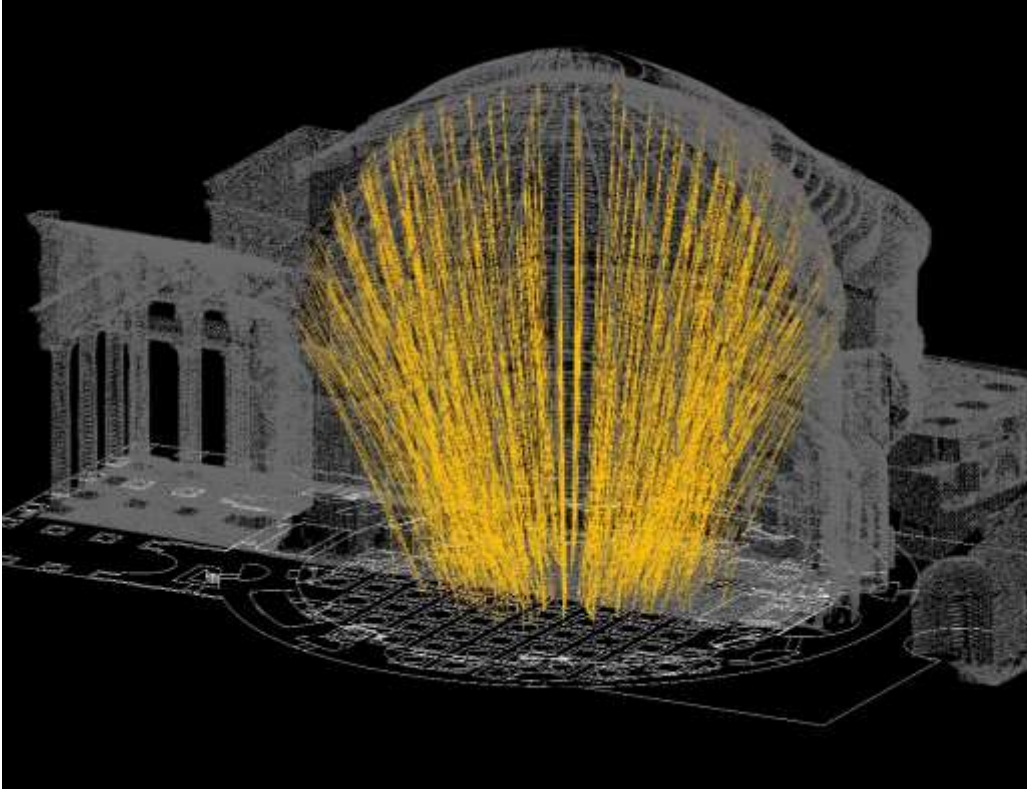


Figura 50 - Spaccato assonometrico - In giallo l'inclinazione di tutti i lati inferiori dei cassettoni mostrano che non esiste alcuna convergenza verso il centro.

La seconda deduzione ottenuta dalla lettura della sezione riguarda i lati superiori dei cassettoni, in alcuni casi valutati come convergenti verso il centro della sfera, in altri verso il punto di osservazione privilegiato al centro del tempio. In realtà i lati superiori non sono rivolti verso il centro né verso il basso, essi sono convergenti in un punto ad una distanza costante dall'intradosso della cupola (Figura 51).

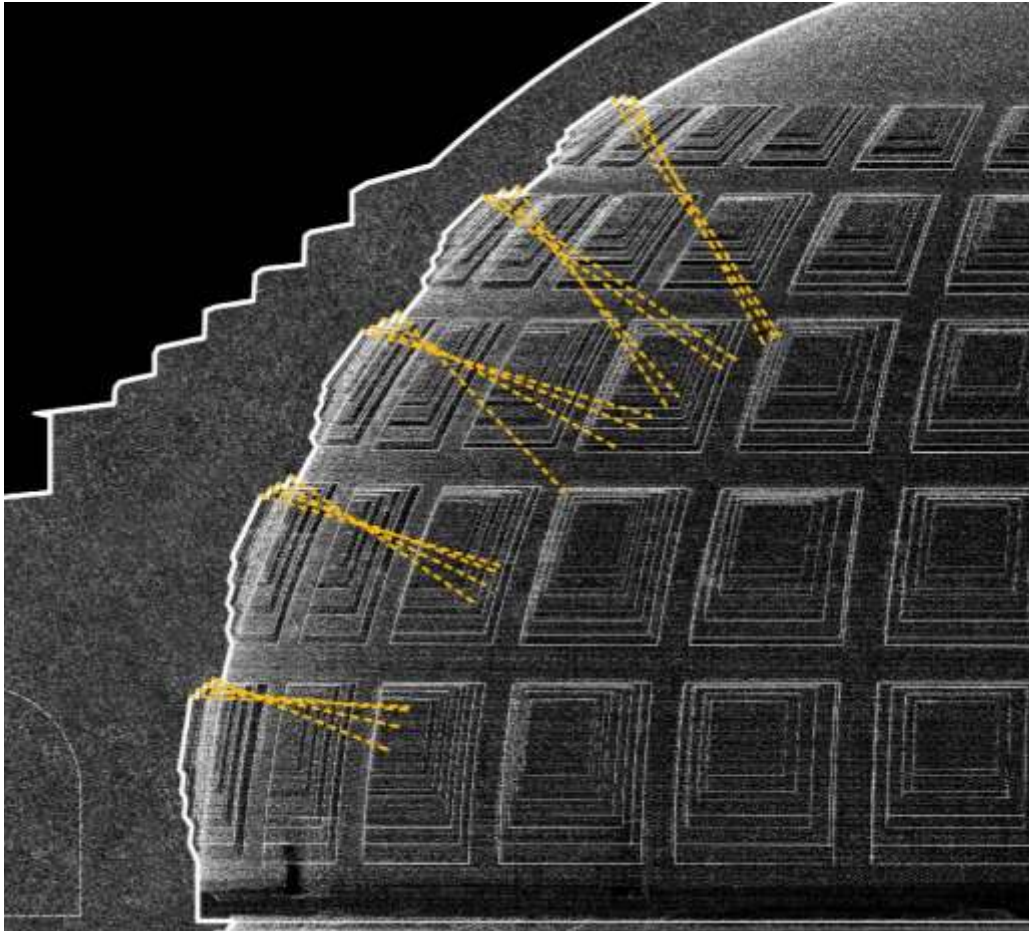


Figura 51 - Sezione trasversale - In giallo l'inclinazione dei lati superiori dei cassettoni.

Una possibile interpretazione lega questo particolare alla realizzazione dell'intonaco all'intradosso. Affiancando alla sezione il disegno della centina realizzato da Viollet-le-Duc nel suo *Dictionnaire*, si nota come i cassettoni convergano all'interno della centina stessa ed in particolare tra il monaco e il puntone. (Figura 52) dove poteva essere stato realizzato un piano orizzontale che consentisse agevolmente le operazioni per la stesura dell'intonaco.

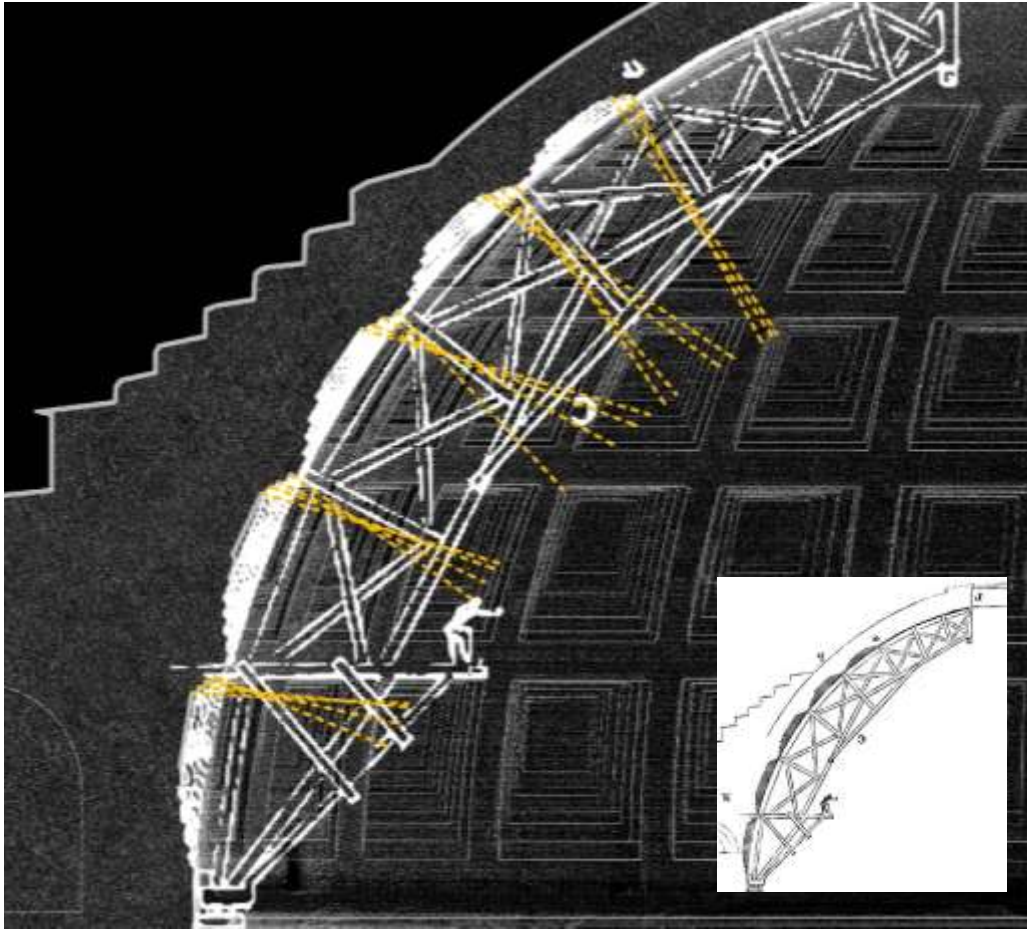


Figura 52 - Sovrapposizione tra la Sezione trasversale e il ponteggio ipotizzato da Viollet-le-Duc - I lati superiori dei cassettoni convergono in un'area facilmente accessibile per la stesura dell'intonaco.

In conclusione, nonostante l'ipotesi di una centina senza sostegni centrali sia da considerarsi superata⁶⁴, l'interpretazione del dato strumentale ci suggerisce, come già il disegno di Beltrami, una chiave di lettura legata agli aspetti costruttivi.

Questo punto di vista alternativo ci spinge ad osservare le ipotesi di centinatura della cupola attraverso gli studi pubblicati in merito e una bibliografia specificamente dedicata alla realizzazione delle strutture di supporto alla costruzione⁶⁵.

⁶⁴ Wilson Jones 2015, p. 198.

⁶⁵ Marconi 2014.

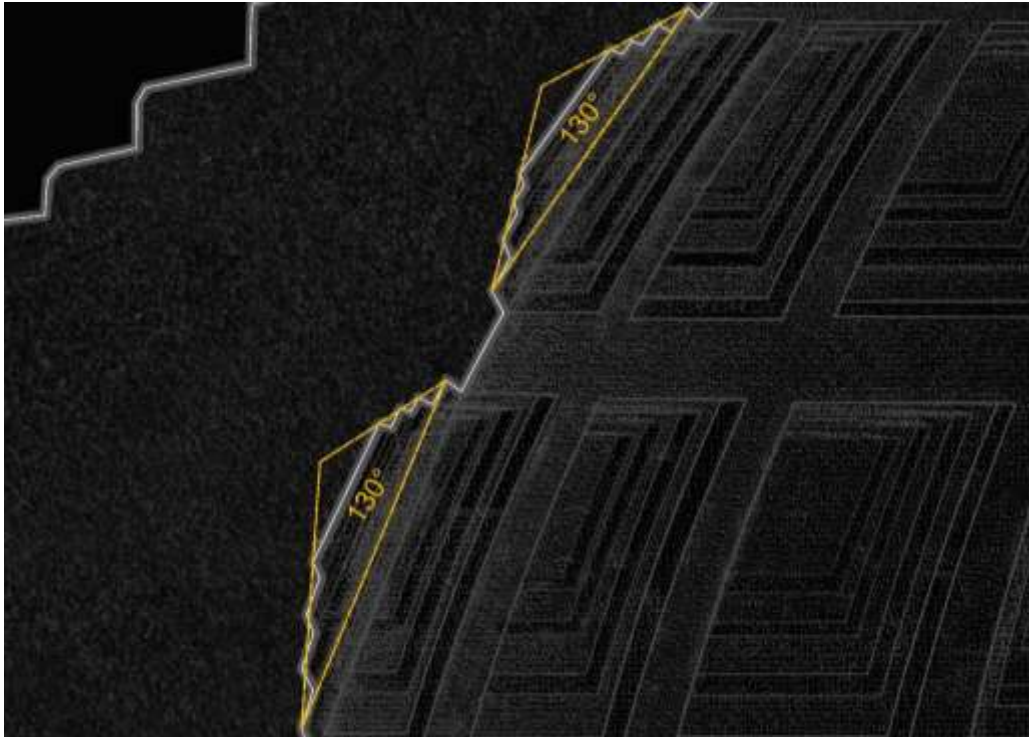


Figura 53 - Sezione trasversale - In giallo l'inclinazione dei lati superiori dei cassettoni.

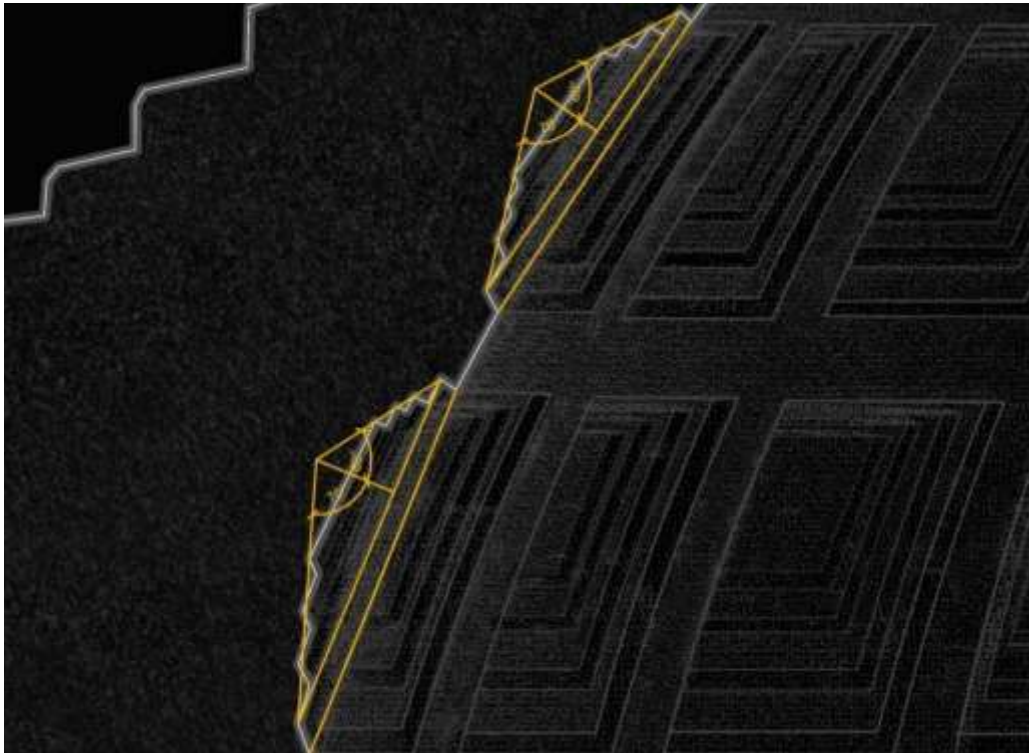


Figura 54 - la geometria è definita utilizzando una regola semplice, due triangoli rettangoli accostati di cui il primo con angoli 30°/60°/90° garantiscono l'orientamento delle specchiature verso il centro.

Sia che si tratti di centine senza sostegni centrali⁶⁶, sia che si parli di una torre centrale per sostenere la spinta della cupola fino alla realizzazione dell'oculo⁶⁷, solo Viollet-le-Duc si sofferma sulla modalità costruttiva della cassaforma. Il cassettone viene realizzato al negativo, da sopra il muro perimetrale, poggiando sulle strutture provvisorie alcune assi trasversali. Ma come è possibile che dall'estradosso si controllasse lo sfalzamento delle specchiature interne per garantire che fossero tutte visibili dal centro? Sarebbe necessario poter traguardare verso il centro della cupola, che però non è un punto fisicamente individuabile *in situ*, ed in ogni caso sarebbe stato coperto dagli elementi di sostegno della centina.

L'analisi della geometria estratta dalla nuvola di punti ci fornisce una chiave interpretativa di questo problema. Osserviamo i cassettoni non più dall'intradosso bensì dall'estradosso della cupola in costruzione. Leggendo gli angoli formati tra i lati superiori ed inferiori del cassettone emerge un valore costante (Figura 53), sebbene le dimensioni dei cassettoni cambino, l'angolo è sempre pari a 130° e questo garantisce l'orientamento delle specchiature interne verso il centro della cupola, perché il primo dei due triangoli è un triangolo rettangolo $30^\circ 60^\circ 90^\circ$ (Figura 54).

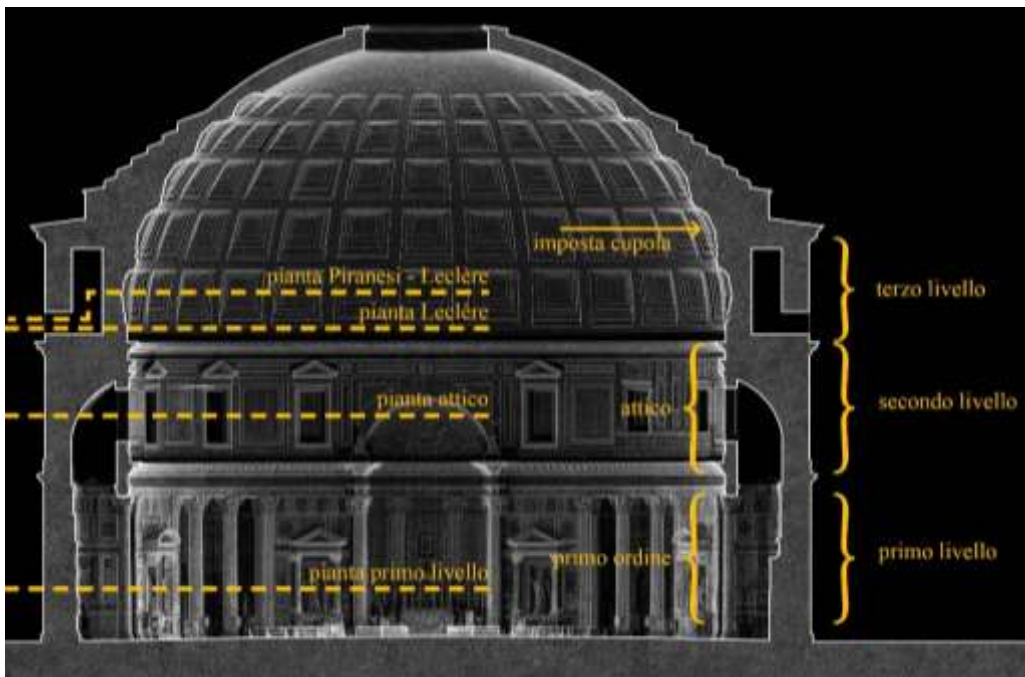


Figura 55 - Sezione trasversale - Indicazione dei piani di sezione delle piante di Piranesi e Leclère.

⁶⁶ Viollet-le-Duc 1875, Taylor 2003.

⁶⁷ Wilson Jones 2015, p.199.

6.3 La costruzione della cupola.

Il tema della costruzione della cupola è strettamente legato alla comprensione delle fasi di realizzazione del Pantheon. La complessa struttura della muratura perimetrale che si spinge sino al primo livello di cassettoni è stata oggetto di numerose pubblicazioni che costituiscono un punto di partenza per questo studio. Il lavoro di Martines pubblicato nel XX si occupa esplicitamente di descrivere la struttura dei pieni e dei vuoti realizzata nella muratura sia per migliorare la resistenza alle spinte della volta, sia per consentire una più rapida e completa asciugatura del getto di calcestruzzo all'interno del paramento murario. Gli studi di Gerd Heene del 2008 e di Wilson Jones del 2015 mettono in ordine le varie fasi costruttive del monumento trovando riscontro nelle analisi da me condotte attraverso il nuovo rilievo del Pantheon.

6.3.1 Pieni e vuoti le piante.

Il sistema di costruzione delle imponenti murature che sostengono la cupola è organizzato in un complesso alternarsi di pieni e vuoti che ha motivazioni compositive, strutturali e operative molto interessanti. La muratura esterna è suddivisa in tre parti scandite dalle cornici, all'interno queste corrispondono al primo livello, all'attico e all'imposta della cupola. Tra i disegni che sono stati analizzati fino a questo momento, quelli che più di ogni altri mettono in luce questo particolare aspetto del monumento sono quelli di Desgodets, di Piranesi, di Leclère e quello di Armanini.

Il disegno di Piranesi contenuto nella Tavola III e il testo che lo accompagna descrivono molto attentamente il secondo livello, disegnando una pianta dell'attico in cui molto spazio è dedicato alla descrizione dello stato precedente ai lavori di Posi (cfr. 1.2) e alle indicazioni di tipo strutturale. Piranesi è l'unico a disegnare, all'interno della sezione la struttura di archi inserita nella muratura e visibile nel prospetto (Figura 57). Sezionando l'attico ad una quota di circa 13,5 m Piranesi riporta anche in pianta l'arco a tre ghiera, corrispondente alle 7 aperture maggiori, visibile sul prospetto. Nella pianta però non vi è traccia degli altri archi, quelli a due ghiera che corrispondono alle aperture minori (Figura 56).

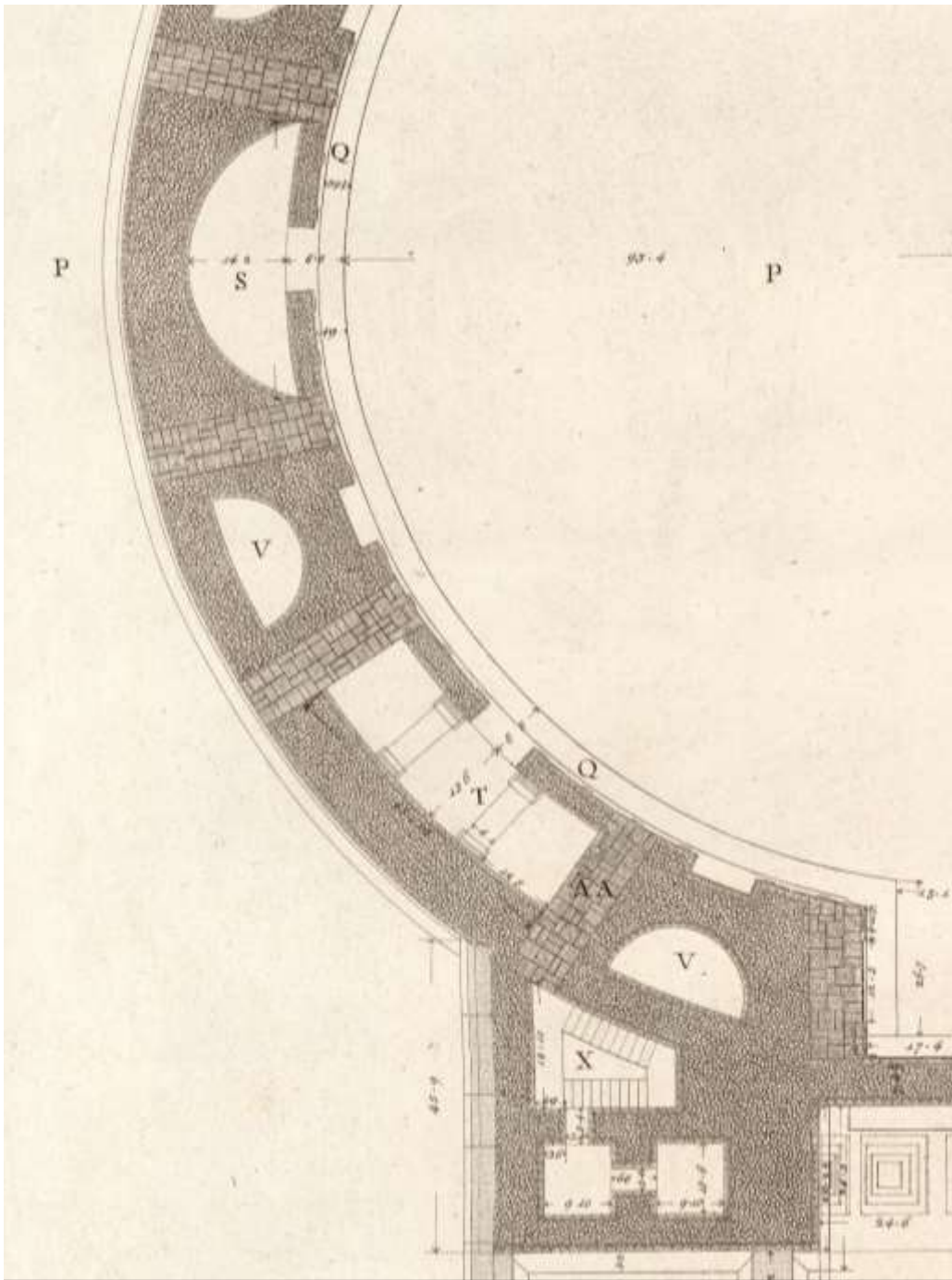


Figura 56 - Pianta del secondo livello o Attico - Piranesi 1756



Figura 57 - Prospetto ovest - Nella muratura del secondo livello si notino gli archi tre ghiere affiancati da quelli a due ghiere.

Anche Leclère nel suo *Envois-02* disegna questa pianta dell'attico, omettendo però le considerazioni di tipo strutturale, la cosa interessante è che entrambi disegnano tra tutte le esedre principali delle nicchie minori, di cui si conoscono solo quelle prossime ai corpi scala, essendo le altre inaccessibili sia dall'interno, sia dall'esterno. Queste aperture nella massa muraria rappresentano una soluzione tecnica necessaria all'efficientamento del cantiere, accelerano il processo di indurimento della malta e alleggeriscono il peso complessivo della struttura⁶⁸. Analizzando i disegni si può affermare che il complesso sistema costruttivo della muratura perimetrale era stato studiato e compreso sin dai disegni di Desgodets, attraverso i quali siamo in grado di descriverlo completamente (Figura 58).

⁶⁸ Cairoli Giuliani 1990, p.83.

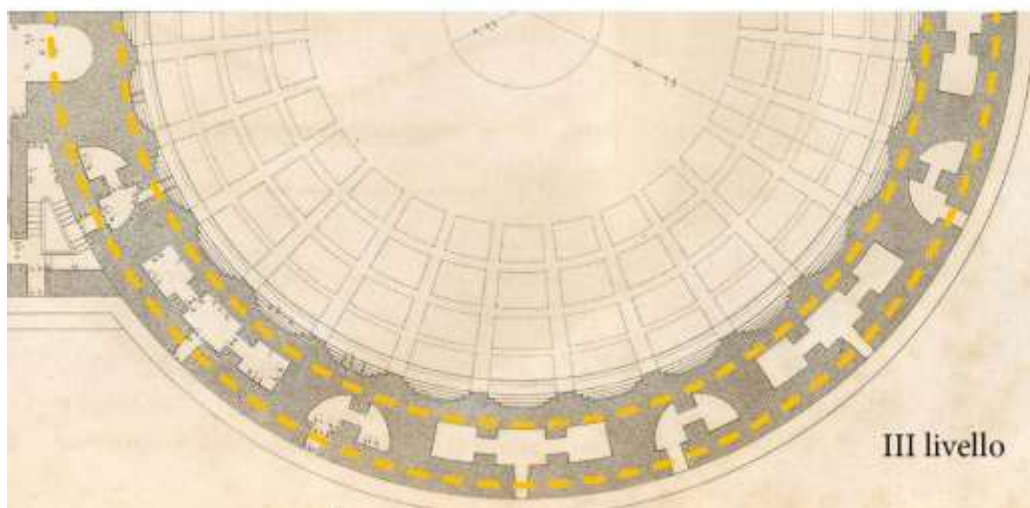
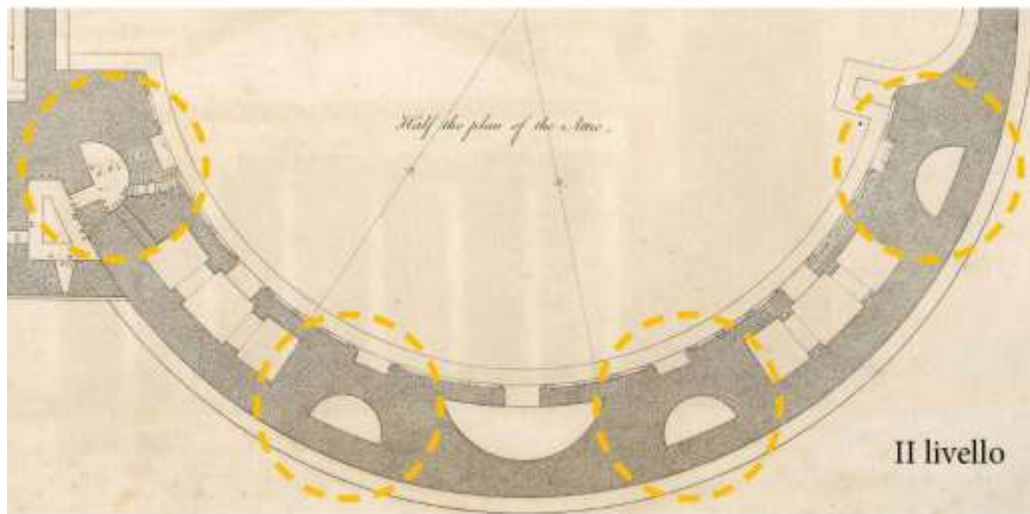
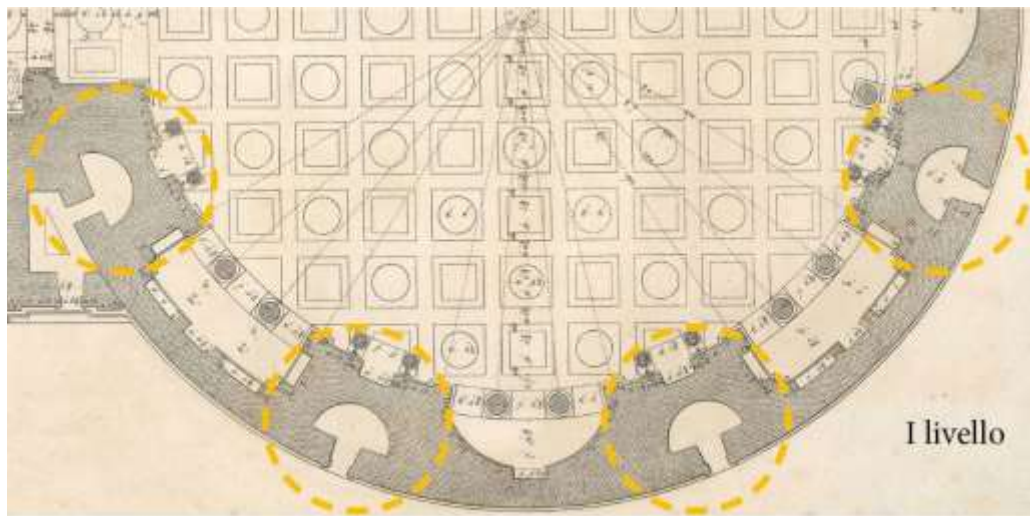


Figura 58 - Le piante dei tre livelli, in evidenza il sistema strutturale - Desgodets 1682

Il primo e il secondo livello concentrano la massa muraria tra le esedre principali, definendo otto "pilastri"⁶⁹. In queste otto porzioni di muratura si aprono le nicchie minori, di cui solo quelle al piano terra accessibili dall'esterno. Queste nicchie minori sono coperte da semicupole che si manifestano sul prospetto come archi a una ghiera di bipedali nel primo livello e a due ghiera nel secondo. Il terzo livello ospita invece camere accessibili dall'esterno coperte da volte a botte disposte radialmente, che raccolgono il peso della cupola e lo scaricano sui livelli sottostanti (Figura 59).

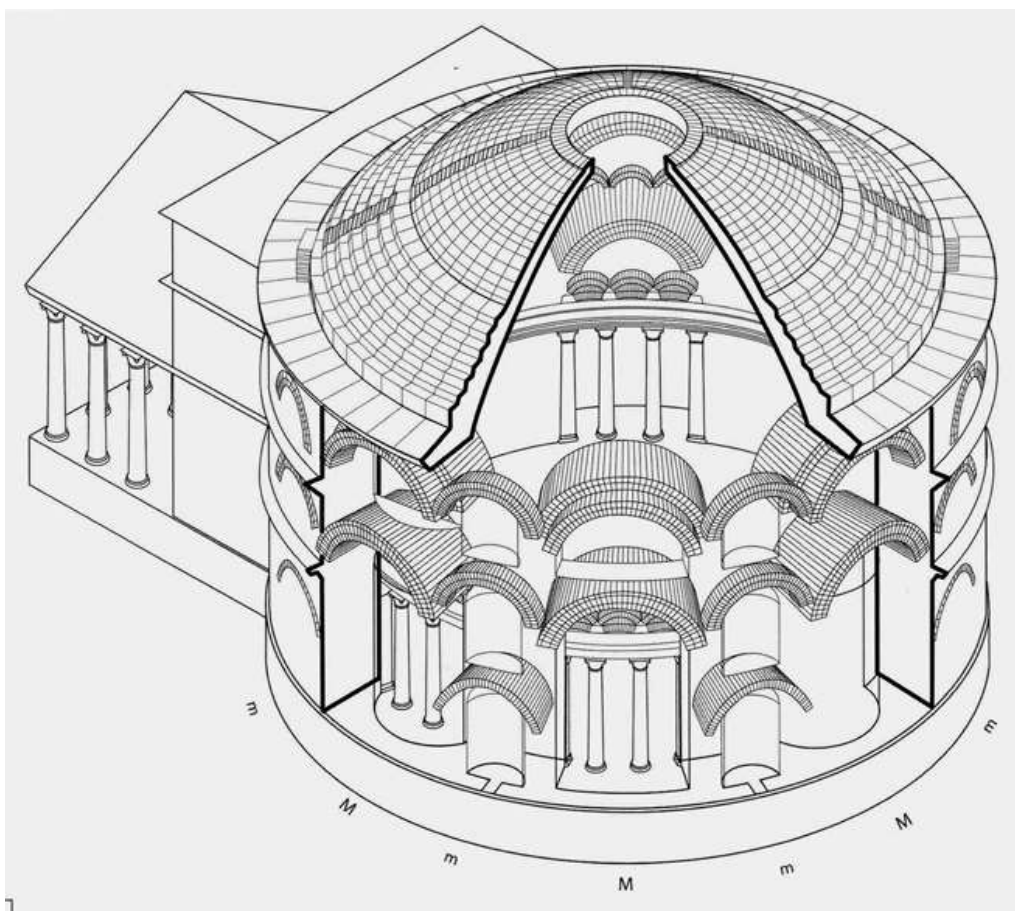


Figura 59 - Il sistema strutturale ad archi sui tre livelli - Lancaster 2005⁷⁰

⁶⁹ Martines p.6

⁷⁰ Lancaster 2005 p. 100

Sulla struttura della cupola si concentrano alcuni disegni di Piranesi e di Armanini realizzati, in entrambi i casi, dopo la rimozione di parte dell'intonaco interno a livello del primo ordine di cassettoni⁷¹.

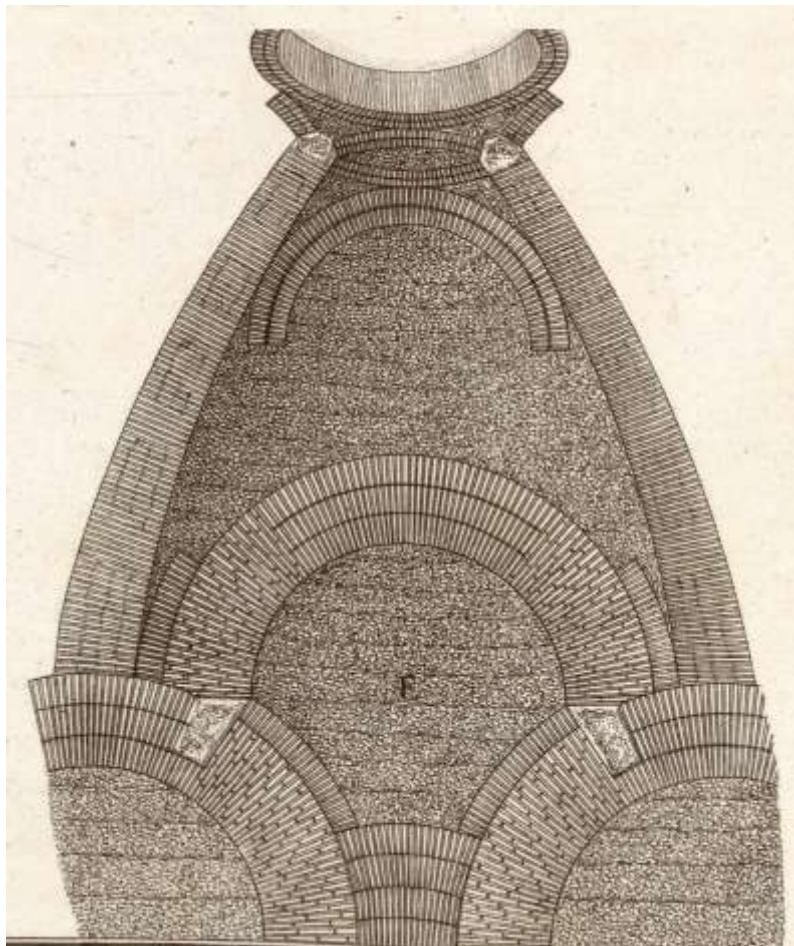


Figura 60 - La struttura ad archi sovrapposti ipotizzata da Piranesi - Piranesi 1756

In questi disegni vi è il tentativo di interpretare un sistema composto da 8 archi visibili sotto l'intonaco all'imposta della cupola, in corrispondenza degli otto pilastri dei primi due livelli. Gli interventi di restauro del 1756⁷² avevano messo in luce queste arcate, inserite nel getto di calcestruzzo, che inducono Piranesi a pensare che tutta la struttura della cupola fosse realizzata con archi di scarico al suo interno (Figura 60).

⁷¹ Beltrami 1898

⁷² Pasquali 2015, p. 344

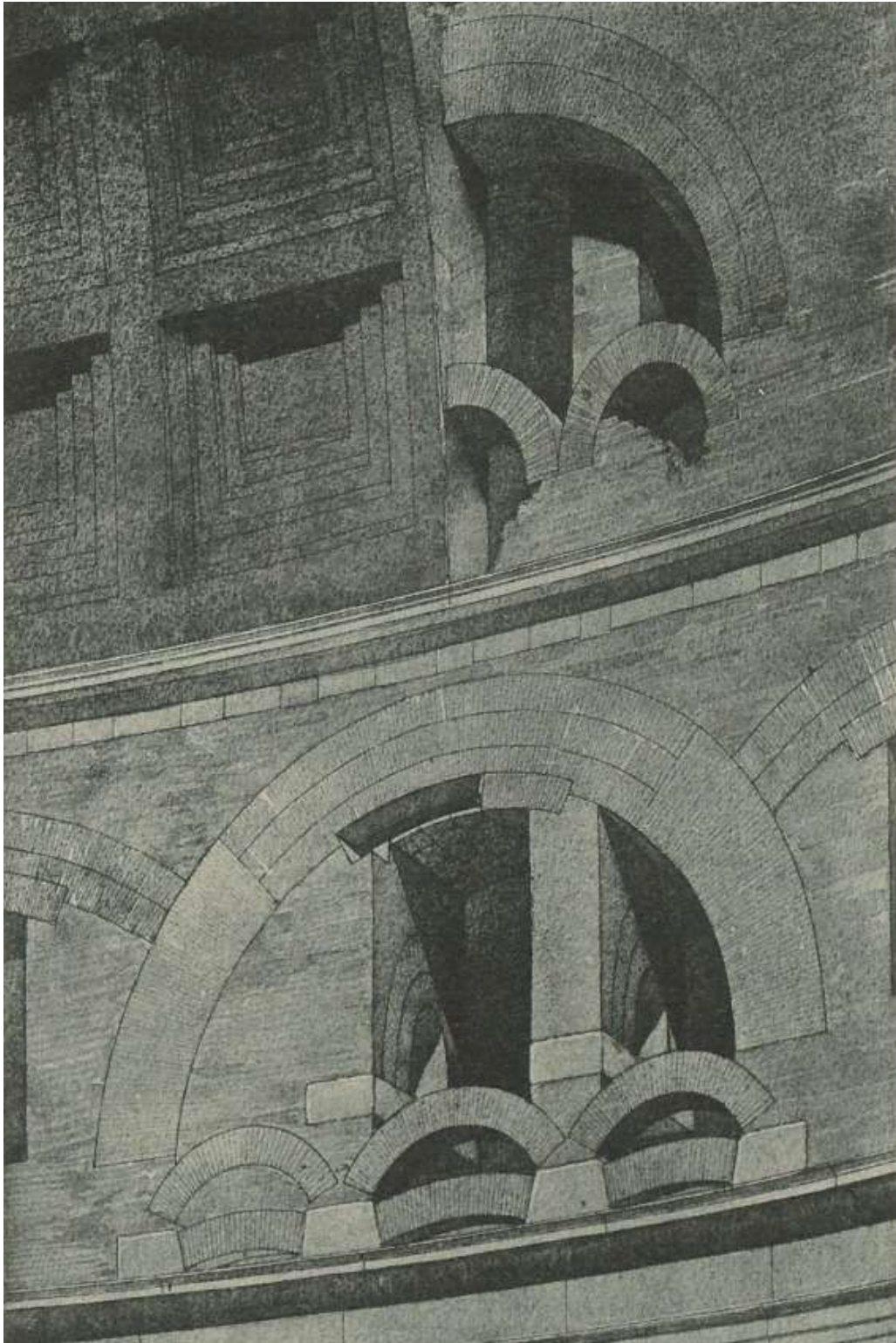


Figura 61 - Armanini struttura cupola

Lo stesso Armanini, testimone del cantiere del 1892-93 rappresenta in uno spaccato assonometrico un sistema degli archi di scarico (Figura 61) che però rispetto a quelli di Piranesi rispettano alcuni dati oggettivi. Gli archi sono annegati nel getto di calcestruzzo e non seguono l'andamento della cupola, sono verticali e questo perché, come spiega Martines: "sono le tracce delle volte a botte che coprono le camere anulari del terzo ordine"⁷³.

6.3.2 Il modello tridimensionale per lo studio della costruzione.

Questo imponente sistema di murature, volte radiali con un alternarsi di pieni e vuoti, presenta però una deformazione rispetto alla geometria del cerchio, evidenziata tanto nello studio della pianta quanto nell'analisi della geometria della cupola (cfr. 5.1 - 5.2). Tale scostamento rispetto alla circonferenza ideale ha suggerito una geometria ellittica per ridurre l'errore tra il rilievo e la rappresentazione delle piante. Secondo l'ipotesi di Jones la deformazione della cupola è dovuta ad alcuni cedimenti, o assestamenti strutturali avvenuti sin dall'inizio a causa delle spinte della imponente volta.

Le analisi condotte attraverso il "modello per la misura" non solo confermano questa ipotesi, ma estendono le considerazioni alla muratura circolare. L'ipotesi, sostenuta da Jones e da Cairoli Giuliani, si fonda sull'osservazione delle evidenze archeologiche costituite dalle strutture "di sostegno" realizzate per contrastare un cedimento strutturale⁷⁴. Secondo questa teoria un cedimento della fondazione avrebbe richiesto un intervento di aggiustamento in corso d'opera con strutture di sostegno addossate a tutto il perimetro. Queste necessità strutturali spiegherebbero sull'asse nord-sud la presenza dei Grottoni, la successione temporale delle fondazioni di avancorpo e portico, l'inserimento del corpo scala a nord tra l'avancorpo e la muratura circolare (cfr. 1.1).

⁷³ Martines p.7.

⁷⁴ Jones 2015, p.203. Cairoli Giuliani 2014 p.387, Cairoli Giuliani 2016, p.36.

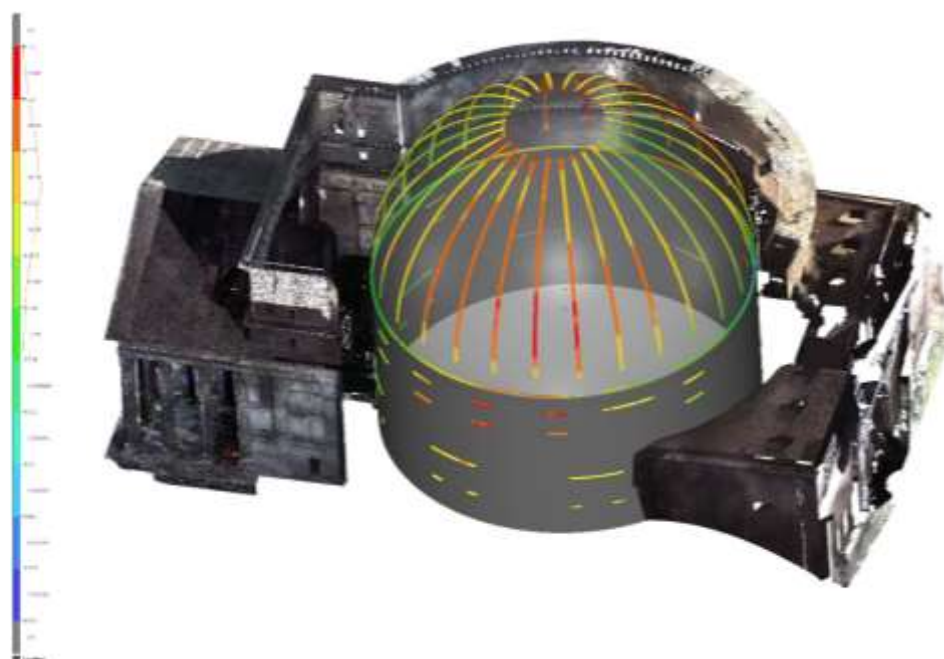


Figura 62 - Grafico delle distanze tra la sfera e il cilindro ideale e le sezioni orizzontali e verticali della nuvola di punti - Le distanze maggiori, in rosso, si concentrano tanto nella cupola quanto nel tamburo lungo l'asse est-ovest dove i punti della nuvola si allontanano dalla geometria ideale.

Sull'asse est-ovest furono realizzate altre tipologie di strutture, un anello di fondazione largo 2 metri a ovest e un collegamento voltato con il portico degli argonauti a est. Sebbene non vi sia alcuna certezza dell'evoluzione del cantiere in questo senso, sia le prove archeologiche, sia le analisi geometriche confermano questa teoria. Il cedimento strutturale ha certamente indotto una deformazione della geometria iniziale che troviamo ben leggibile nelle analisi condotte sulle nuvole di punti (Figura 62). Analizzando nel dettaglio queste deformazioni e rileggendo la teoria della costruzione per fasi elaborata da Cairoli Giuliani in un recente articolo del 2016⁷⁵, troviamo un'esatta corrispondenza tra la lettura del quadro fessurativo e la geometria della cupola. Scrive Cairoli Giuliani: "Il quadro fessurativo è riferibile a due matrici differenti: quella ad andamento sub verticale, con origine nelle fondazioni, che, però, tende spesso a esaurirsi all'altezza della seconda cornice esterna e l'altra, propria della meccanica della cupola, formata dalle lesioni meridiane. È evidente che i due sistemi, innescatisi in tempi diversi, interagirono poi in un quadro reso sempre più complesso dalle sollecitazioni,

⁷⁵ Cairoli Giuliani 2016, p. 40.

statiche e dinamiche, che la costruzione ha subito in circa due millenni⁷⁶ Guardando alla rappresentazione delle deformazioni del monumento rispetto alla geometria ideale del cilindro e della sfera la corrispondenza è netta. Nonostante l'andamento sia simile, con l'asse est-ovest maggiore di quello nord-sud, al di sopra della seconda cornice esterna la muratura segue più direttamente le maggiori deformazioni originate dalla meccanica della cupola (Figura 63).

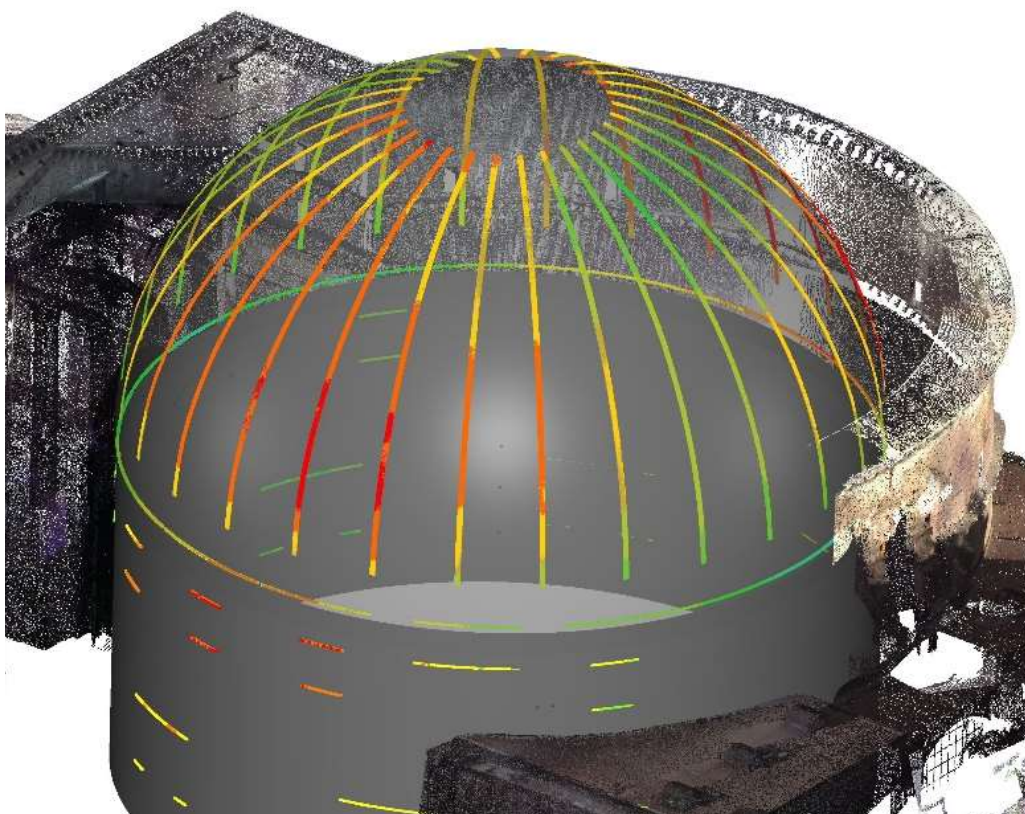


Figura 63 - Grafico delle distanze tra la sfera e il cilindro ideale e le sezioni orizzontali e verticali della nuvola di punti - Nel dettaglio è ben visibile che la parte superiore della muratura segue direttamente le maggiori deformazioni della cupola.

⁷⁶ Cairoli Giuliani 2016, p. 35.

6.4 Il disegno di dettaglio: metrologia e misura nell'architettura del Pantheon.

L'analisi della geometria e delle dimensioni del Pantheon è stata condotta sia alla grande sia alla piccola scala. Accanto alle considerazioni sulla forma per determinare il cilindro e la cupola sono stati studiati alcuni elementi di dettaglio per comprendere come venivano rilevati e rappresentati. I dati acquisiti attraverso la scansione laser e le integrazioni effettuate con la fotogrammetria ci consentono di confrontare i diversi rilievi utilizzando la nuvola di punti come metro di paragone tra le differenti rappresentazioni. Come riportato nel terzo capitolo (cfr. 3.4) sono molti i disegni di dettaglio che accompagnano gli elaborati principali, la maggior parte dei quali si concentrano sul rilievo e la rappresentazione degli ordini architettonici.

Attraverso lo strumento del confronto tra i modelli tridimensionali si vuole ricercare una chiave di lettura del lavoro dei *pensionnaire* per sottolinearne aspetti comuni e confrontarli con i rilievi effettuati al di fuori delle accademie.



Figura 64 - Base della colonna interna del Pantheon - Nuvola di punti fotogrammetrica con estrazione della sezione verticale.

Per paragonare i disegni da Desgodets a Chedanne si è scelto un elemento architettonico semplice, presente nelle tavole di quasi tutti gli autori e facilmente accessibile: "la base della colonna dell'ordine interno". Il fatto che la base fosse disponibile a tutti gli autori, senza l'uso di scale o ponteggi ci consente di supporre

che questi abbiano effettuato il rilievo con strumenti semplici come il filo a piombo potendo verificare in qualunque momento i risultati ottenuti.

La prima operazione è relativa alla gestione della nuvola di punti, dalla quale sono state estratte una sezione verticale e una sezione orizzontale (Figura 64). Poi attraverso il procedimento illustrato al capitolo 5 (cfr. 5.2) sono state realizzate le sezioni geometriche e da queste i modelli tridimensionali localmente adattati (cfr. 5.3). Anche i disegni delle accademie sono stati trasformati in modelli 3D, digitalizzati, ridisegnati al CAD il tutto per creare un modello tridimensionale geometrico che fosse confrontabile con la nuvola di punti. L'analisi mira a far emergere non soltanto le differenze metriche ma piuttosto i diversi punti di vista del rilevatore di fronte ad un oggetto semplice e disponibile alla misura.

La ricerca del modulo e della misura nei disegni di Desgodets, come più volte ricordato, fa sì che le proporzioni degli elementi principali siano corrette, Desgodets mette in discussione le misure dei rilievi precedenti pertanto deve compiere un'operazione di grande dettaglio e precisione. Il risultato conferma le premesse: la sola modanatura ad essere lontana dal riferimento costituito dalla nuvola di punti è il primo listello in corrispondenza dell'imoscapo.

Nei disegni di Piranesi le superfici curvilinee, toro e scozia, seguono perfettamente la geometria della modanatura, gli errori al contrario si concentrano nei listelli sempre troppo arretrati rispetto al filo esterno della sezione, collegando questo "errore" alla modalità con cui Piranesi riporta le quote sulla sezione esplicitando l'uso del filo a piombo (c.f.r. 3.4), si direbbe che vi sia un errore diffuso nell'oggetto degli elementi verticali. Leclère e Chedanne elaborano una sezione mediamente corretta in cui però l'errore maggiore si concentra nel rapporto tra il toro e il primo listello all'imoscapo (Figura 65).

In effetti la colonna interna del pantheon presenta una proporzione piuttosto inusuale di questa scansione toro-listello in cui il listello dell'imoscapo è molto arretrato (Figura 66). Altro dato piuttosto rilevante è che, nonostante la pratica della copia fosse molto diffusa (cfr. 2.1.5), tutte le geometrie analizzate sono diverse, a testimonianza che tutti disegni sono frutto di un rilievo di dettaglio così come imposto dalla pratica dell'accademia.

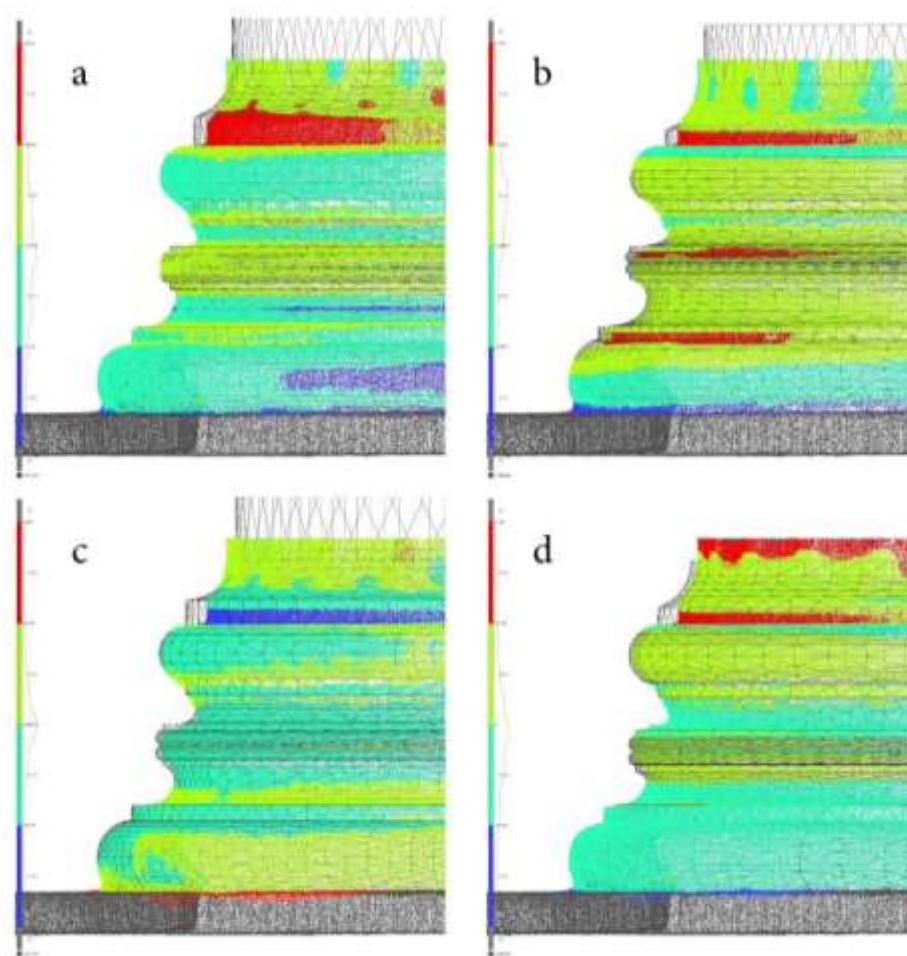


Figura 65 - Grafici delle distanze tra i modelli e la nuvola di punti: a Desgodets b Piranesi c Leclère d Chedanne.

Da questa lettura dei disegni emerge ancora una volta come l'insegnamento accademico miri ad eseguire un rilievo accurato e attento anche al livello del dettaglio. Questo è certamente vero per Desgodets che è il precursore di questa attività di attenta misura, e per Leclère che risponde a pieno ai regolamenti del 1799 in cui il rilievo è una componente dominante (cfr. 2.1.5). L'accademia che accoglie Chedanne sul finire dell'Ottocento è una scuola molto diversa. L'interesse degli allievi è già verso altre tematiche e per Chedanne tra le indagini strutturali, le ricerche "archeologiche" e le teorie sull'attribuzione del Pantheon all'imperatore Adriano, il disegno degli ordini architettonici può essere stato un elemento secondario. Fuori dall'accademia e con un rilievo per certi versi meno "scolastico" si colloca il lavoro di Piranesi. Questi si distingue dagli altri autori per aver seguito maggiormente il dato del rilievo piuttosto che la costruzione geometrica "classica" delle curve. Prova ne è un migliore risultato in termini di confronto modello-nuvola, localizzato proprio nei tratti curvilinei.



Figura 66 - La base colonna interna oggetto del rilievo fotogrammetrico - Si noti il dettaglio del listello all'imoscapo molto arretrato rispetto al toro della base.

Lo studio delle modanature della base dell'ordine interno del Pantheon ha suggerito un'analisi metrologica che, partendo dalla misura dell'imoscapo, ha coinvolto tutte le principali dimensioni del monumento. La prima delle operazioni condotte è stata la verifica del diametro delle colonne all'imoscapo. Attraverso il procedimento di estrazione delle circonferenze dalle nuvole di punti già esposto nel capitolo 5 (Cfr. 5.1.1) sono stati calcolati e verificati i diametri all'imoscapo delle colonne interne (Figura 67)



Figura 67 - Vista prospettica della nuvola di punti fotogrammetrica con l'estrazione della circonferenza all'imoscapo.

La dimensione media del diametro (Tabella diametri) risulta pari a 109,36 cm che misurata in palmi romani antichi si avvicina a 15 palmi (Figura 68).

Come già analizzato nel paragrafo 6.1, la misura di riferimento per il piede romano utilizzato nel Pantheon è di 29,5 cm \pm 1 mm, pertanto i sottomultipli sono calcolabili di conseguenza e corrispondono a: palmo 1/4 di piede = 7,37 cm; uncia 1/12 di piede = 2,45 cm; digitus 1/16 di piede = 1,84 cm.

Utilizzando queste unità di misura sono stati realizzati due elaborati (Figura 69-70) in cui il modello geometrico della base della colonna interna (cfr. 5.3) viene quotato secondo le unità di misura antiche mostrando una certa approssimazione legata alle lavorazioni di cantiere⁷⁷.

⁷⁷ Pelletti 1989, p.12

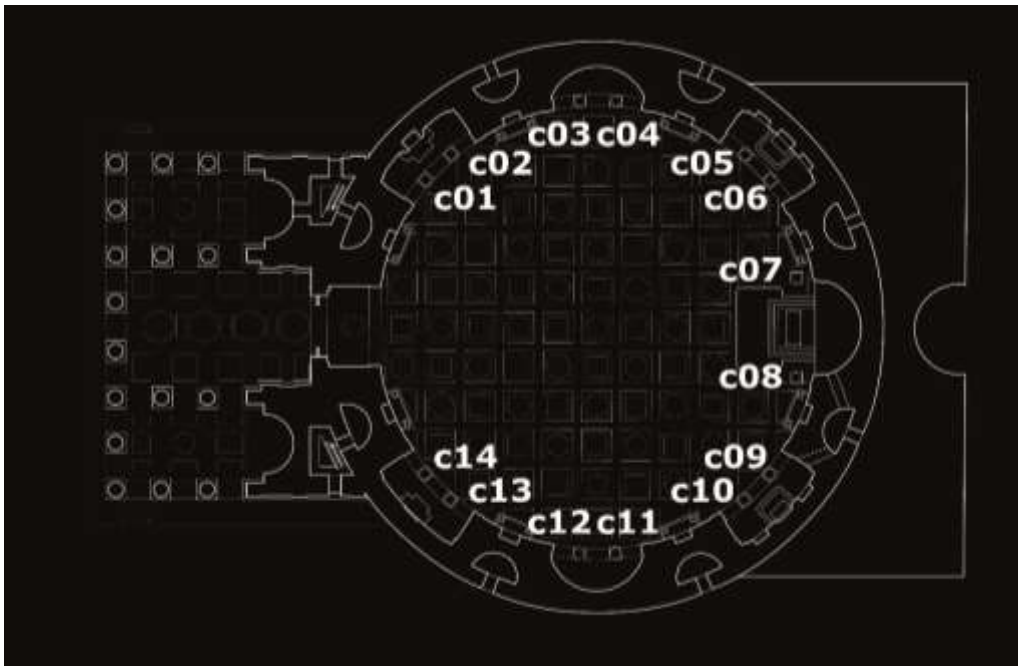


Figura 68 - Numerazione delle colonne per la verifica del diametro all'imoscapo.

colonna	raggio cm	diametro cm	in palmi
c01	55,25	110,50	14,99
c02	55,57	111,13	15,08
c03	54,17	108,34	14,70
c04	54,93	109,87	14,91
c05	54,58	109,15	14,81
c06	54,99	109,98	14,92
c07	55,03	110,07	14,93
c08	53,66	107,31	14,56
c09	54,64	109,27	14,83
c10	53,74	107,48	14,58
c11	53,45	106,90	14,51
c12	55,30	110,60	15,01
c13	55,61	111,22	15,09
c14	54,59	109,19	14,81
media	54,68	109,36	≈ 15

Tabella dei diametri all'imoscapo

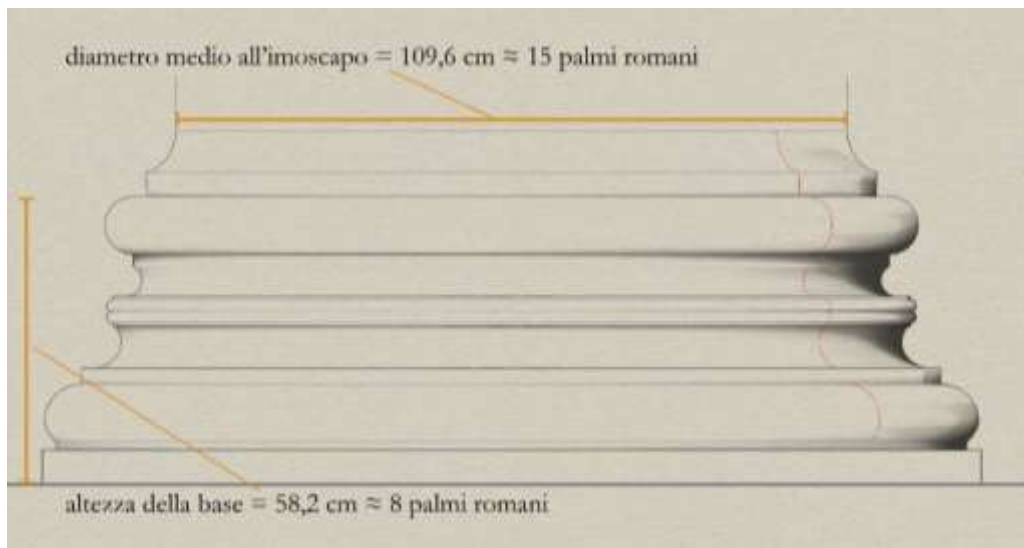


Figura 69 - La base della colonna interna del Pantheon - Diametro all'imoscapo 15 palmi romani, altezza della base 8 palmi romani.

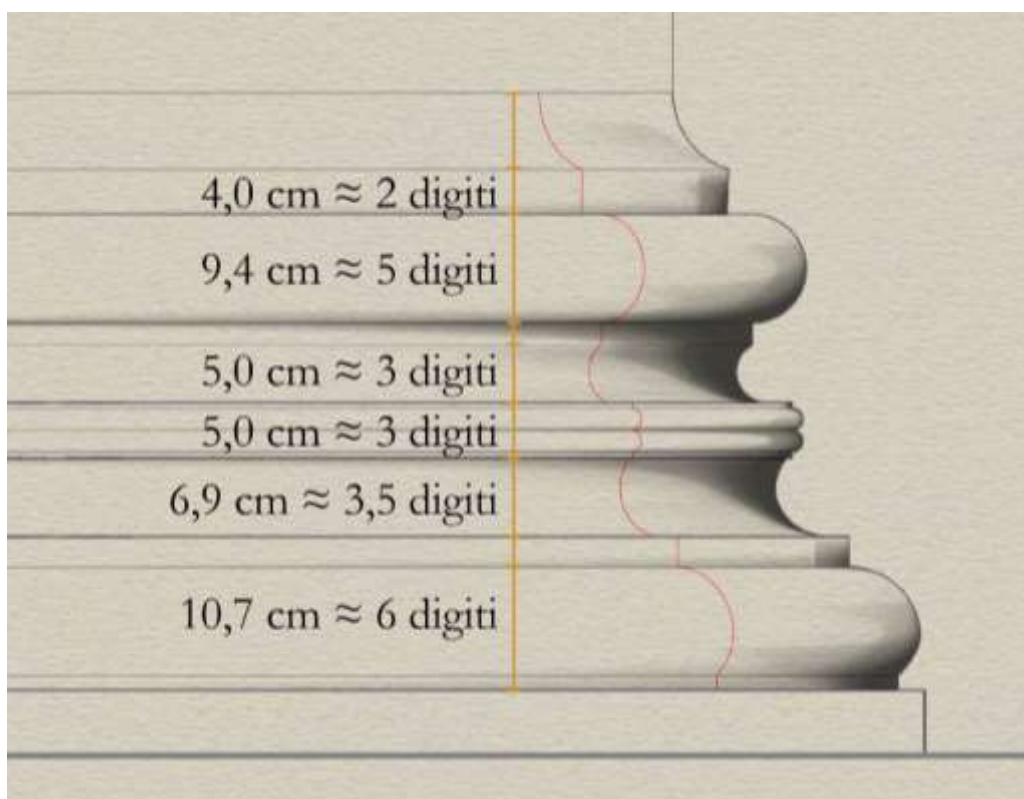


Figura 70 - Modanature della base della colonna interna del Pantheon - Le dimensioni delle singole modanature si discostano molto dalle misure in diti a testimonianza di una certa approssimazione legata alle lavorazioni di cantiere

Confrontando il risultato con precedenti rilievi, il dato risulta compatibile con gli studi di Pelletti del 1989 rispetto alle proporzioni ma si differenzia nelle misure.

Pelletti afferma che il diametro medio delle colonne all'imoscapo sia di 110,13 cm e che il rapporto tra il diametro e l'altezza del fusto della colonna sia di 1 a 8. Pertanto avendo definito l'altezza della colonna pari a 885 cm egli dichiara che il: "probabile valore di progetto per il modulo dell'ordine architettonico"⁷⁸ sia 110,7 cm.

A differenza di quanto sostenuto da Pelletti il diametro medio calcolato sulle nuvole di punti risulta essere di 109,3 cm, e trova riscontro anche nella misura dell'altezza del fusto della colonna che è pari a 876,9 cm. Pertanto le proporzioni del rapporto tra la colonna e il suo diametro sono rispettate nonostante i valori delle misure differiscano di circa 8 cm sull'altezza della colonna (Figura 71).

⁷⁸ Pelletti 1989, p. 12.

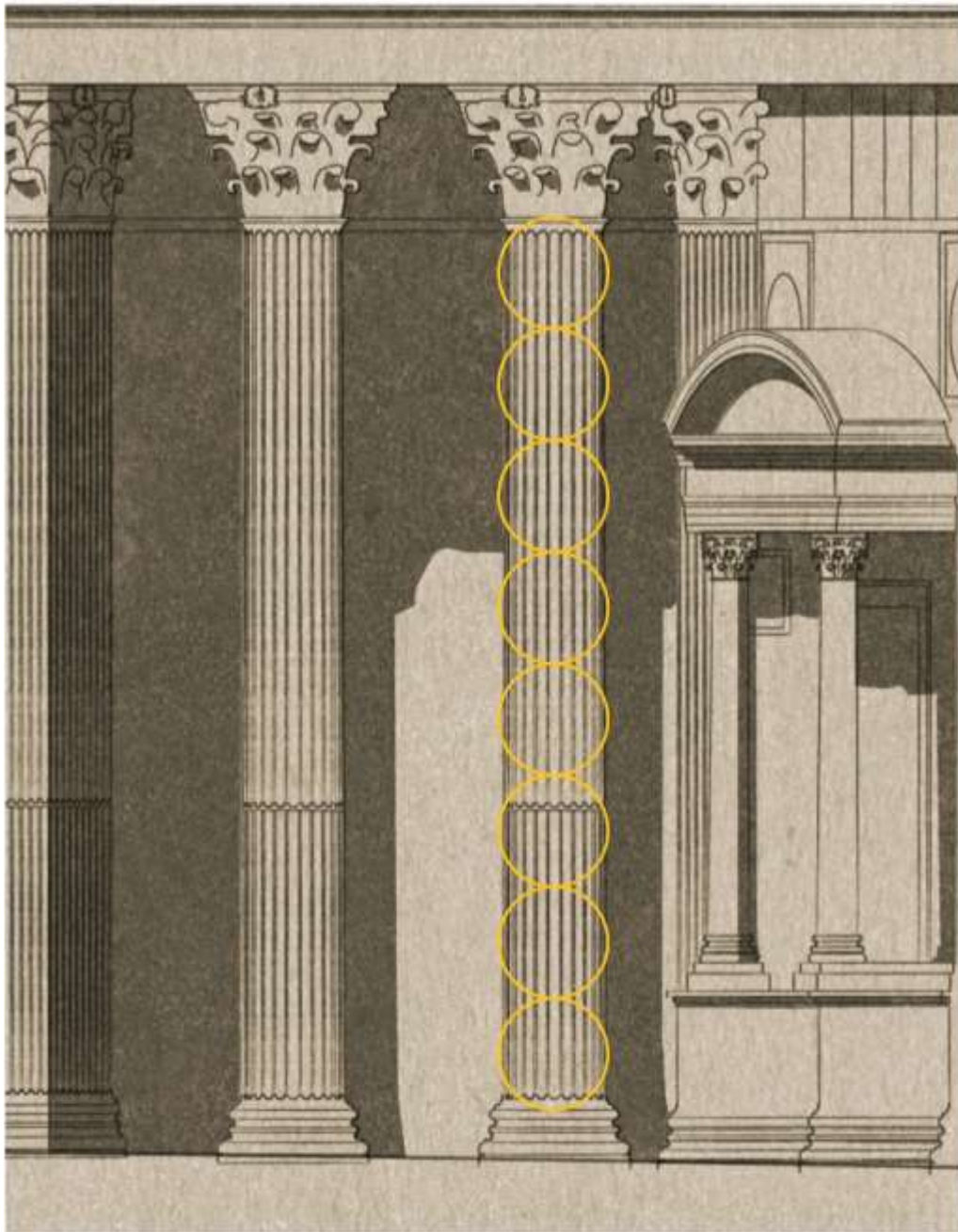
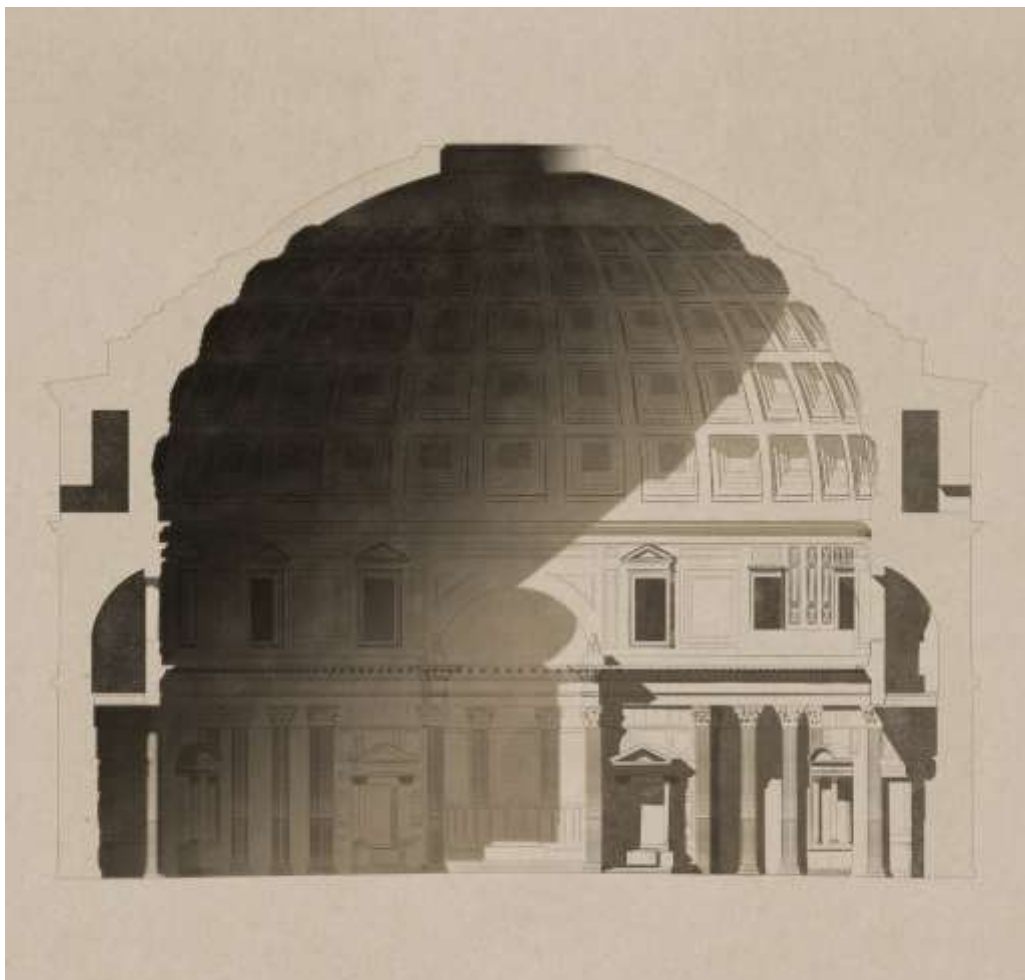


Figura 71 - Il modulo misurato all'imbricapo della colonna corrisponde ad $\frac{1}{8}$ dell'altezza del fusto.

Capitolo 7
CONCLUSIONI.



La tesi ha avuto come centro il disegno di rilievo, inteso come strumento di indagine e conoscenza del patrimonio architettonico. L'analisi dei rilievi del Pantheon realizzati tra il XVII e il XIX secolo, ha permesso alcuni interessanti confronti tra le diverse modalità di studio dell'antico proposte dalle accademie italiane e francesi. Attraverso questo studio è stato possibile esprimere alcune considerazioni in merito ai disegni e alle interpretazioni del monumento. Contemporaneamente è stato possibile analizzare alcune tematiche emerse dai confronti e riguardanti il Pantheon e alcune sue caratteristiche specifiche. Queste analisi hanno fornito l'opportunità di formulare nuove ipotesi interpretative con l'ausilio dei più recenti studi e il supporto del nuovo rilievo realizzato con strumenti digitali contemporanei.

La ricerca ha interessato in un arco temporale ben definito, legato alla nascita e allo sviluppo dell'Académie des Beaux Arts e pone l'accento sulle ricadute culturali dei lavori dei Pensionnaires. Sebbene la cultura italiana “per tutta la seconda metà del 1700, gravitava verso la cultura francese, con rapporti non di semplice derivazione ma di vera e propria integrazione”¹ attraverso lo studio dei rilievi del Pantheon sono emerse affinità e divergenze nel modo di rapportarsi all'antico.

¹ Gabetti-Marconi 1971, 3, p.33.

La prima delle differenze riscontrate riguarda lo studio dei monumenti classici, l'accademia francese si interessa all'antico prima di quella italiana e questo produce in un breve arco temporale disegni con caratteristiche molto diverse, mentre Desgodets studiava il Pantheon antico già nel 1682, l'Accademia di San Luca con il concorso del 1754 richiese il rilievo della "chiesa di Santa Maria ad Martyres". Lo studio dell'antico non faceva ancora parte degli interessi dell'accademia e quando a breve distanza di tempo, nel 1756, Piranesi riportò al centro il disegno degli antichi monumenti romani, lo fece con uno sguardo diverso rispetto a quello dei *pensionnaires*.

Piranesi si confrontò con l'opera di Desgodets, produsse una serie di tavole molto simili nel contenuto e nella presentazione, ma nei suoi disegni non vi è traccia di quel "modulo" che governa il lavoro del francese, il suo rilievo è più preciso e più attinente alla realtà del monumento, ed esprime un interesse verso ragioni costruttive che Desgodets non tiene in considerazione. Nel lavoro di Piranesi il legame tra disegno e rilievo è più stretto, lo testimoniano le quote dei dettagli architettonici che rivelano e ricalcano il metodo di rilevamento con regolo e filo a piombo². Le stesse modanature seguono più fedelmente le curve del monumento rispetto a quelle governate dal modulo di Desgodets, o quelle disegnate da Leclère e Chedanne³.

L'analisi del corpus dei disegni ha portato alla luce anche alcune differenze nell'impianto complessivo dello studio. Sebbene nei rilievi di ogni *pensionnaire* sia emerso un tema dominante, trasversale e leggibile in ogni elaborato, per via dei regolamenti dell'accademia ognuno di questi autori ha compiuto uno studio organico e completo del monumento. La stessa cosa non può dirsi per gli autori italiani, tranne il lavoro di Piranesi, gli studi saranno sempre parziali. Solari e Annibaldi si limitano a realizzare alcuni elaborati principali, una pianta, una sezione, solo Demesmay, che risulterà vincitore, si dedica ad uno studio più approfondito ma pur sempre ridotto se confrontato con i lavori francesi. Armanini e Beltrami seguono il cantiere, producono schizzi di dettaglio e piante, sezioni di scavo, ma in conclusione manca di un disegno complessivo d'insieme che non può essere rappresentato dalla sola pianta disegnata da Armanini e pubblicata postuma da Beltrami⁴. Pertanto si deve all'*Académie* e ai suoi regolamenti l'importante risultato della documentazione completa delle diverse fasi del monumento tra la fine del Seicento e la fine dell'Ottocento. Uno dei risultati delle

² cfr. 3.4

³ cfr. 6.4

⁴ Beltrami 1898.

analisi, infatti, riporta al centro l'importanza di questa documentazione. Nonostante le *Restaurations*, non sempre attendibili, fossero l'obiettivo del lavoro del quarto anno, non occorre sminuire il valore dei rilievi su cui esse si fondavano. Condotti durante tutti e quattro gli anni di permanenza a Roma, perduti per la maggior parte a causa del meccanismo di restituzione agli stessi autori, i rilievi dei *pensionnaires* costituiscono un prezioso, e nel caso del Pantheon sufficientemente attendibile, patrimonio di informazioni e conoscenza della vita, della conservazione, degli interventi, del monumento.

Per esprimere confronti e valutazioni sui molteplici argomenti analizzati, la ricerca si è dotata di un complesso sistema di modelli tridimensionali e dati⁵ articolati intorno ad un rilievo digitale, di volta in volta integrato, sezionato, analizzato utilizzando strumenti calibrati *ad hoc*. Strumenti progettati su misura per questo caso di studio, come ad esempio le equazioni per le estrazioni della circonferenza e della sfera ideale o il cassettono parametrico a cui vengono associati i dati grazie a un'interfaccia JAVA che lo collega al sistema delle ontologie CIDOC-CRM. L'obiettivo è stato quello di estendere il patrimonio di conoscenza oltre i confini della ricerca in corso. In questa direzione si è attinto alle banche dati disponibili⁶, e si sono predisposti i risultati secondo degli standard affinché i dati raccolti possano essere messi in relazione con altre indagini, su questo o un altro oggetto di studio.

Il metodo di lavoro è il frutto di una ricerca in corso da diversi anni all'interno del Laboratorio di Rilievo e Tecniche Digitali del Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi Roma Tre, che ha prodotto numerose pubblicazioni in merito applicando questo modello di conoscenza a molteplici casi di studio: le chiese di San Tommaso da Villanova a Castel Gandolfo⁷ e San Carlo alle Quattro Fontane⁸; il complesso dell'Abazia di Casamari⁹; gli scavi archeologici della Villa dei Misteri a Pompei¹⁰ e del Circo Massimo in Roma¹¹; il complesso sistema delle Mura Aureliane¹².

⁵ cfr. 5

⁶ Su tutte le banche dati del Digital Pantheon Project.

⁷ Canciani-Saccone 2011.

⁸ Canciani-Falcolini-Spadafora 2012, Canciani-et-al. 2013, Canciani 2015.

⁹ Canciani-Saccone 2016.

¹⁰ Canciani-et-al. 2014a.

¹¹ Canciani-et-al. 2014b.

¹² Canciani-et-al. 2016.

Il confronto tra i disegni del passato condotto grazie all'ausilio del nuovo rilievo, ha dato luogo a una notevole quantità di temi, legati all'interpretazione del monumento, che attraversano trasversalmente i cinque secoli che separano i primi disegni di Desgodets dagli ultimi prodotti *ad hoc* per supportare questa ricerca. In particolare la ricerca ha approfondito tre tematiche: la prima riguarda la forma della pianta del Pantheon, la seconda ha come centro le sezioni e studia il cassettonato per comprendere le ragioni della sua geometria, la terza è la metrologia antica.

La lettura dei rilievi di Desgodets, Piranesi, Leclère, che disegnano una pianta non corrispondente ad una circonferenza, ha suggerito di indagare la forma della pianta per comprenderne la geometria. Le analisi condotte sulle nuvole di punti hanno restituito un asse nord-sud ed est-ovest con lunghezze diverse, che fanno avvicinare la forma ad una ellissi e possono essere collegate ai cedimenti strutturali delle fondazioni già descritte negli studi di Cairoli Giuliani e Wilson Jones¹³. Pertanto i modelli con cui confrontare e valutare disegni e rilievi, a partire da quelli di Desgodets fino ad arrivare ai più recenti studi¹⁴, sono due: uno ellittico con asse maggiore coincidente con l'asse est-ovest; e uno circolare, che, pur aumentando l'errore medio, consente alcune considerazioni metrologiche.

L'analisi dei disegni e gli scritti di Desgodets e Leclère e Rondelet sui cassettoni, in particolare sull'inclinazione dei lati superiori e inferiori, ha indicato che fosse necessario analizzare tutte le sezioni verticali di ogni singolo cassettone, costruendo un modello parametrico che si adatta alla superficie della nuvola di punti. I disegni di Desgodets, che fa convergere verso il centro tutte le giaciture dei lati inferiori e superiori, quelli di Rondelet, che ipotizza un cassettone progettato in funzione della luce proveniente dall'oculo, i rilievi degli altri autori compresi quelli più recenti, sono stati messi a confronto con la nuvola di punti e il modello geometrico localmente adattato. Il risultato ha consentito di valutare le diverse interpretazioni e di portare alla luce alcuni disegni di Beltrami e Viollet-le-Duc che suggeriscono una differente interpretazione in chiave costruttiva della cassaforma che ha dato origine a quelle forme¹⁵.

¹³ Cairoli Giuliani 2014, Cairoli Giuliani 2015, Wilson Jones 2015.

¹⁴ De Fine Licht 1968, Geertman 1980, Pelletti 1989, Wilson Jones 2000.

¹⁵ cfr. 6.2

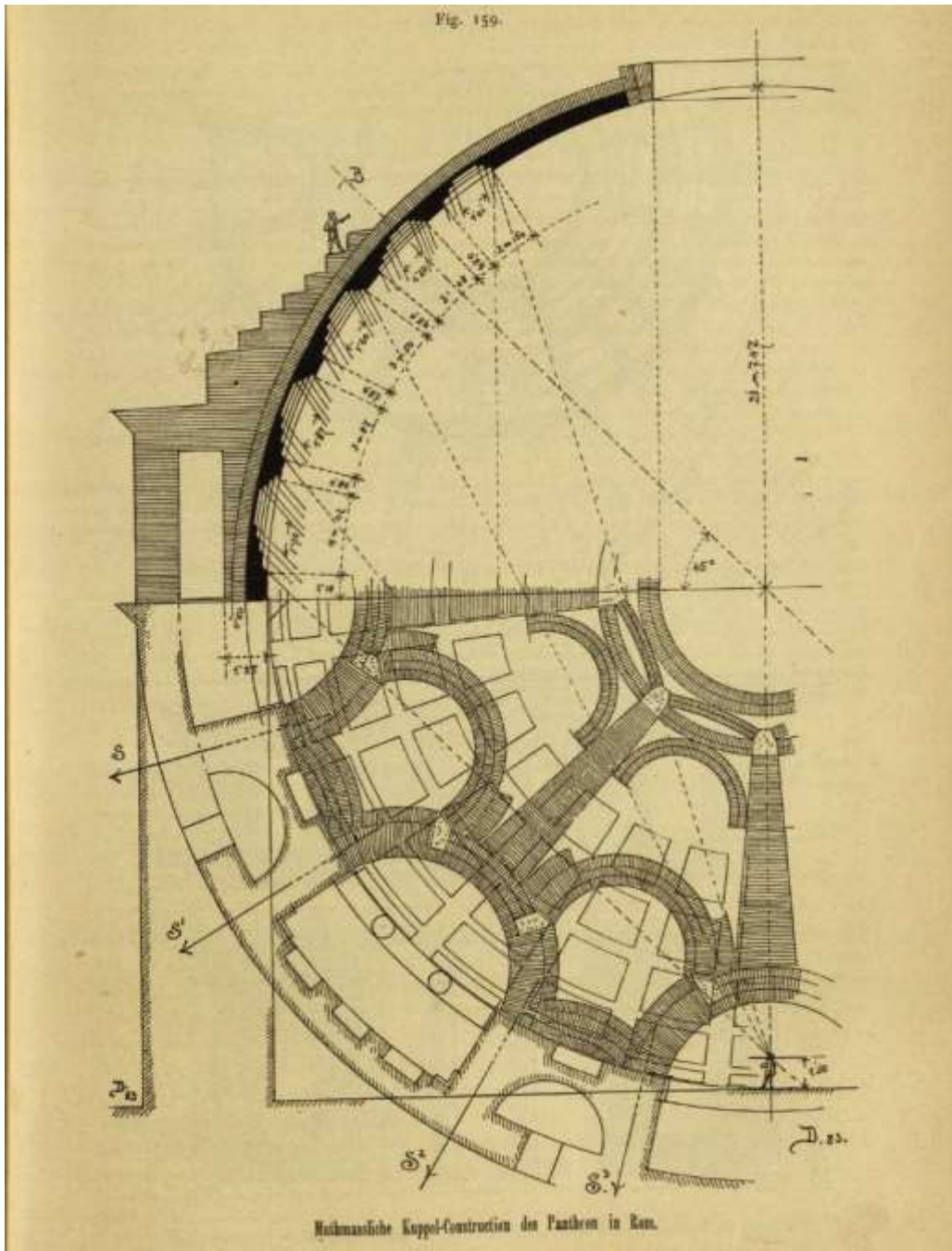
La studio intorno alla definizione del diametro del Pantheon e la misura di riferimento dei 150 piedi romani¹⁶, ha portato ad una ricerca, estesa alle varie parti dell'edificio, di alcune misure, riferite al piede romano antico, e di proporzioni e corrispondenze, riferite al modulo dell'ordine architettonico. La lettura ha interessato, oltre alle dimensioni più generali, riferite alla pianta e alla cupola, anche quelle più in dettaglio riferite alle colonne, determinando il modulo di base riferito al diametro all'imoscapo e i rapporti tra questo e le altre parti. Questo argomento, che non costituisce l'oggetto di studio centrale nella presente tesi, suggerirebbe, utilizzando il metodo proposto incentrato sull'uso del rilievo 3D, degli sviluppi particolarmente interessanti.

Il metodo si fonda sull'acquisizione e sull'analisi dei dati del rilievo 3D, utilizzando tutti gli strumenti analogici e digitali disponibili per l'interpretazione, la lettura il confronto dei risultati. Il principio ispiratore della ricerca consiste nel considerare che le possibilità di interpretazione da parte del rilevatore non siano diminuite all'aumentare dell'oggettività del rilevamento. Al contrario aumentando le quantità, la qualità e le tipologie dei dati a disposizione, grazie all'uso di strumenti di acquisizione via via più affidabili, si favoriscono nuove interpretazioni che mettono in contatto il rilevatore con altre discipline e lo spingono verso una interdisciplinarietà che passa per la matematica, la fisica, la chimica, la storia e il restauro. Ognuna di queste discipline può trarre vantaggio da un modello di dati strutturato che abbia al centro il rilievo 3D dell'oggetto, sul quale formulare ipotesi e verifiche.

Pertanto lo spazio dell'interpretazione da parte del ricercatore non viene ridotto, cambia la sua natura, deriva da analisi sempre più oggettive e passa ad una fase successiva a quella dell'acquisizione del dato. Esattamente come i grandi architetti del passato di cui sono stati studiati i disegni, ancora oggi si rileva e si disegna con un fine. Il metodo proposto da questa ricerca tende a dedurre le ipotesi da studi e disegni di rilievo del passato confrontandoli con le analisi condotte sui dati strumentali. Il tutto con l'obiettivo di arricchire il patrimonio di conoscenza intorno al monumento studiato.

¹⁶ Wilson Jones 2000

Capitolo 8
Appendice.



8.1 I disegni del Pantheon dal 1470 al 1892.

Lo studio dei disegni di rilievo del Pantheon si è sviluppato attraverso l'analisi di numerose fonti originali. Questa appendice ha l'obiettivo di raccogliere e classificarle secondo un ordine cronologico mettendo a disposizione i disegni in un più grande formato che renda leggibili alcune delle osservazioni messe in luce dalla ricerca.

n°	autore	anno	tipo	formato (cm)	oggetto	fonte
1	Giuliano da Sangallo	≈1465	pianta	46 x 39	pantheon antico	Biblioteca Apostolica Vaticana, Vat. Barb. lat 4424, f. 13 recto
2	Giuliano da Sangallo	≈1490	pianta	26 x 12	pantheon antico	Pisa, Biblioteca comunale, cod. S. IV 8
3	Domenico Ghirlandaio	≈1470	pianta	22 x 15	pantheon antico	Uffizi a 4379 Foglio 1 e Foglio2
4	Francesco di Giorgio Martini	≈1478	sezione prospettica	-	pantheon antico	Trattati di architettura e ingegneria militare
5	Raffaello Sanzio	≈1507	veduta prospettica della metà inferiore	40 x 28	pantheon antico	Uffizi a 164 Foglio 1
6	Baldassarre Peruzzi	≈1511-36	sezione prospettica	-	-	Bartoli 1917, Vol. II, fig. 264
7	Baldassarre Peruzzi	≈1511-36	sezione longitudinale	-	pantheon antico	Waddell 2000, 34
8	Baldassarre Peruzzi	≈1511-36	pianta	-	pantheon antico	Bartoli 1917, Vol. II, fig. 308
9	Sallustio Peruzzi	≈1511-70	sezione prospettica	-	pantheon antico	Bartoli 1917, Vol. IV, fig. 660
10	Bernardino della Volpaia	≈1512-15	sezione prospettica	-	pantheon antico	Codice Coner foglio 32v
11	Bernardino della Volpaia	≈1512-15	vedute prospettiche del portico e degli altari	-	pantheon antico	Codice Coner foglio 52r
12	Antonio da Sangallo il giovane	≈1538-42	pianta	-	pantheon antico	Uffizi a 307 foglio 1
13	Sebastiano Serlio	1540	prospetto		pantheon antico	Serlio, Libro III
14	Sebastiano Serlio	1540	pianta		pantheon antico	Serlio, Libro III
15	Giovanni Antonio Dosio	≈1549-74	pianta e pianta alla quota della cupola	44 x 58	pantheon antico	Bartoli 1917 Vol. V
16	Giovanni Antonio Dosio	≈1549-74	prospetto e sezione verticale del portico	44 x 58	pantheon antico	Bartoli 1917 Vol. V
17	Giovanni Antonio Dosio	≈1549-74	stralcio di sezione longitudinale	44 x 58	pantheon antico	Bartoli 1917 Vol. V
18	Andrea Palladio	1570	pianta	30 x 19	pantheon antico	Palladio, Libro IV

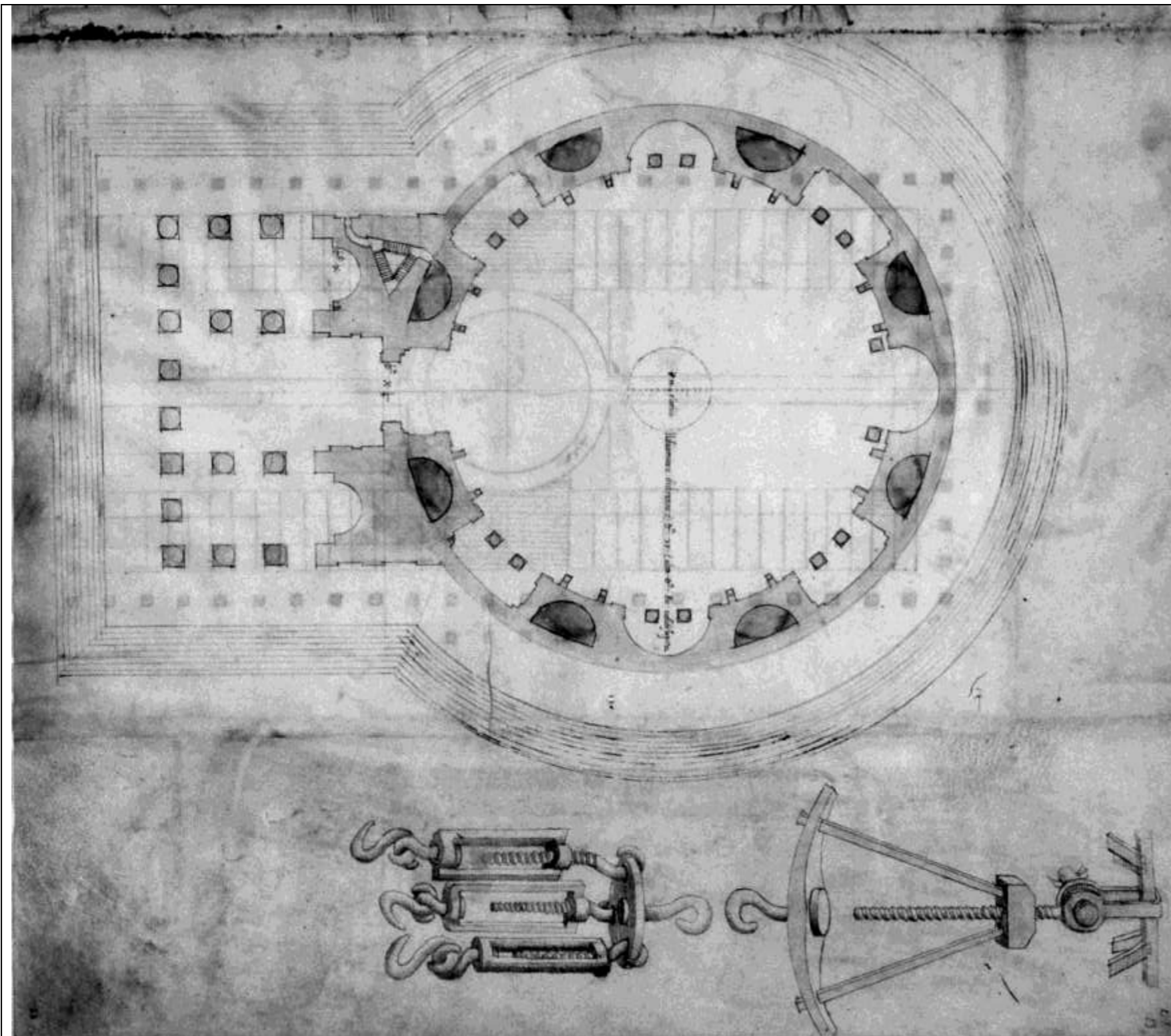
n°	autore	anno	tipo	formato (cm)	oggetto	fonte
19	Andrea Palladio	1570	prospetto	30 x 19	pantheon antico	Palladio, Libro IV
20	Nicolas François Blondel	1675	pianta	-	pantheon antico	Cours d'architecture
21	Nicolas François Blondel	1675	prospetto	-	pantheon antico	Cours d'architecture
22	Antoine Desgodets	1682	pianta	64 x 23	pantheon antico	Desgodets Tavola I
23	Antoine Desgodets	1682	pianta attico e pianta cupola	64 x 23	pantheon antico	Desgodets Tavola II
24	Antoine Desgodets	1682	prospetto nord	64 x 23	pantheon antico	Desgodets Tavola III
25	Antoine Desgodets	1682	prospetto ovest	64 x 23	pantheon antico	Desgodets Tavola IV
26	Antoine Desgodets	1682	sezione verticale del portico e dettagli	32 x 23	pantheon antico	Desgodets Tavola V
27	Antoine Desgodets	1682	sezione longitudinale	64 x 23	pantheon antico	Desgodets Tavola VI
28	Antoine Desgodets	1682	sezione trasversale	64 x 23	pantheon antico	Desgodets Tavola VII
29	Antoine Desgodets	1682	dettaglio del capitello e trabeazione del portico	32 x 23	pantheon antico	Desgodets Tavola VIII
30	Antoine Desgodets	1682	dettaglio del capitello del portico	32 x 23	pantheon antico	Desgodets Tavola IX
31	Antoine Desgodets	1682	dettaglio della parasta del portico	32 x 23	pantheon antico	Desgodets Tavola X
32	Antoine Desgodets	1682	dettaglio di fregi e cornici del portico e dell'esterno	32 x 23	pantheon antico	Desgodets Tavola XI
33	Antoine Desgodets	1682	dettagli dell'avancorpo e del portone d'ingresso	32 x 23	pantheon antico	Desgodets Tavola XII
34	Antoine Desgodets	1682	dettagli del portone d'ingresso	32 x 23	pantheon antico	Desgodets Tavola XIII
35	Antoine Desgodets	1682	dettagli dell'ordine interno	32 x 23	pantheon antico	Desgodets Tavola XIV
36	Antoine Desgodets	1682	capitello di colonna dell'ordine interno	32 x 23	pantheon antico	Desgodets Tavola XV
37	Antoine Desgodets	1682	capitello di parasta dell'ordine interno	32 x 23	pantheon antico	Desgodets Tavola XVI
38	Antoine Desgodets	1682	dettagli di trabeazioni interne	32 x 23	pantheon antico	Desgodets Tavola XVII
39	Antoine Desgodets	1682	attico del pantheon prospetto e dettagli di trabeazione	32 x 23	pantheon antico	Desgodets Tavola XVIII
40	Antoine Desgodets	1682	oculo e finestre dell'attico, sezione e prospetto di modanature	32 x 23	pantheon antico	Desgodets Tavola XIX
41	Antoine Desgodets	1682	pianta prospetto e sezione degli altari	32 x 23	pantheon antico	Desgodets Tavola XX

n°	autore	anno	tipo	formato (cm)	oggetto	fonte
42	Antoine Desgodets	1682	sezione e prospetto del capitello e trabeazione degli altari	32 x 23	pantheon antico	Desgodets Tavola XXI
43	Antoine Desgodets	1682	pianta prospetto e sezioni del capitello degli altari	32 x 23	pantheon antico	Desgodets Tavola XXII
44	Antoine Desgodets	1682	prospetto del capitello e della base degli altari	32 x 23	pantheon antico	Desgodets Tavola XXIII
45	Giuseppe Annibaldi	1754	pianta	92 x 60	pantheon e trasformazioni	Lineamenta - Bibliotheca Hertziana
46	Giuseppe Annibaldi	1754	prospetto nord	92 x 60	pantheon e trasformazioni	Lineamenta - Bibliotheca Hertziana
47	Giuseppe Annibaldi	1754	sezione verticale del portico	92 x 60	pantheon e trasformazioni	Lineamenta - Bibliotheca Hertziana
48	Bonaventura Solari	1754	pianta	83 x 60	pantheon e trasformazioni	Lineamenta - Bibliotheca Hertziana
49	Bonaventura Solari		prospetto nord	83 x 60	pantheon e trasformazioni	Lineamenta - Bibliotheca Hertziana
50	Bonaventura Solari		sezione trasversale	83 x 60	pantheon e trasformazioni	Lineamenta - Bibliotheca Hertziana
51	Bonaventura Solari		stralcio di sezione longitudinale e sezione verticale del portico	60 x 83	pantheon e trasformazioni	Lineamenta - Bibliotheca Hertziana
52	Francesco Demesmay	1754	pianta a più livelli	60 x 94	pantheon e trasformazioni	Lineamenta - Bibliotheca Hertziana
53	Francesco Demesmay	1754	pianta e sezione ricostruttiva	60 x 94	pantheon antico	Lineamenta - Bibliotheca Hertziana
54	Francesco Demesmay	1754	sezione longitudinale ricostruttiva	60 x 94	pantheon antico	Lineamenta - Bibliotheca Hertziana
55	Francesco Demesmay	1754	pianta ricostruttiva	60 x 94	pantheon antico	Lineamenta - Bibliotheca Hertziana
56	Francesco Demesmay	1754	prospetto nord ricostruttivo	60 x 94	pantheon antico	Lineamenta - Bibliotheca Hertziana
57	Giovan Battista Piranesi	≈1756	pianta	72 x 102	pantheon antico	Piranesi Tavola II
58	Giovan Battista Piranesi	≈1756	pianta attico	72 x 102	pantheon antico	Piranesi Tavola III
59	Giovan Battista Piranesi	≈1756	pianta della cupola e della copertura	72 x 102	pantheon antico	Piranesi Tavola IV
60	Giovan Battista Piranesi	≈1756	prospetto nord	111 x 78	pantheon antico	Piranesi Tavola V
61	Giovan Battista Piranesi	≈1756	prospetto nord ricostruttivo	111 x 78	pantheon antico	Piranesi Tavola VI
62	Giovan Battista Piranesi	≈1756	prospetto ovest	111 x 78	pantheon antico	Piranesi Tavola VII
63	Giovan Battista Piranesi	≈1756	prospetto sud	111 x 78	pantheon antico	Piranesi Tavola VIII
64	Giovan Battista Piranesi	≈1756	sezione longitudinale	111 x 78	pantheon antico	Piranesi Tavola X
65	Giovan Battista Piranesi	≈1756	sezione trasversale	111 x 78	pantheon antico	Piranesi Tavola XI
66	Giovan Battista Piranesi	≈1756	prospetto interno	-	pantheon antico	Piranesi Tavola XII
67	Giovan Battista Piranesi	≈1756	vista prospettica interno	-	pantheon antico	-
68	Giovan Battista Piranesi	≈1756	dettagli del capitello del portico	-	pantheon antico	Piranesi Tavola XIV
69	Giovan Battista Piranesi	≈1756	dettagli della base della colonna del portico	-	pantheon antico	Piranesi Tavola XV

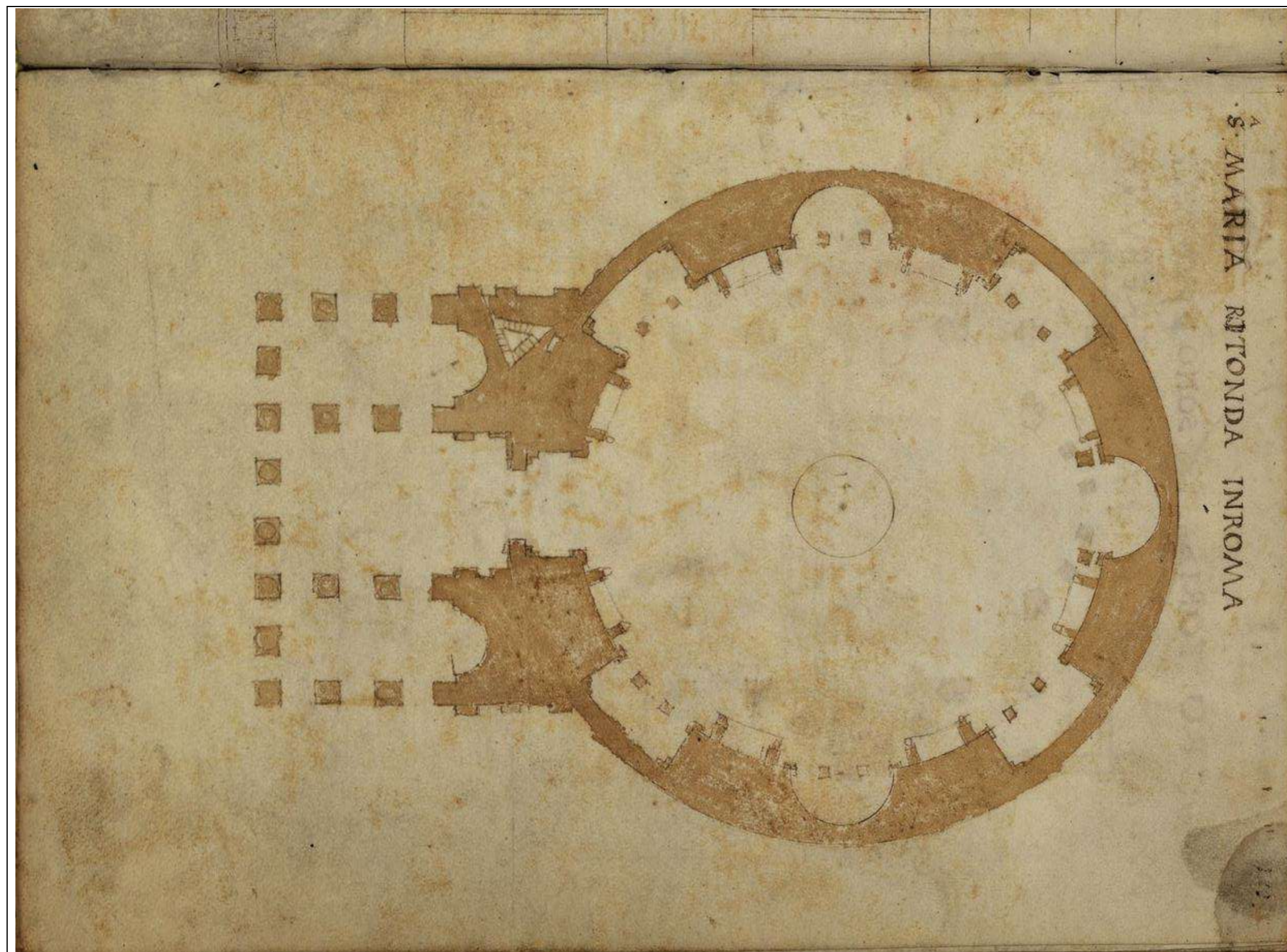
n°	autore	anno	tipo	formato (cm)	oggetto	fonte
70	Giovan Battista Piranesi	≈1756	dettagli della parasta del portico	-	pantheon antico	Piranesi Tavola XVI
71	Giovan Battista Piranesi	≈1756	sezione delle cornici esterne	-	pantheon antico	Piranesi Tavola XVII
72	Giovan Battista Piranesi	≈1756	dettagli di modanature del portico	-	pantheon antico	Piranesi Tavola XVIII
73	Giovan Battista Piranesi	≈1756	prospetto e sezioni del fregio del portico	-	pantheon antico	Piranesi Tavola XIX
74	Giovan Battista Piranesi	≈1756	dettagli della porta d'ingresso	-	pantheon antico	Piranesi Tavola XX
75	Giovan Battista Piranesi	≈1756	dettagli del capitello di parasta e trabeazione interno	-	pantheon antico	Piranesi Tavola XXI
76	Giovan Battista Piranesi	≈1756	pianta prospetto e sezione della parasta interna	-	pantheon antico	Piranesi Tavola XXII
77	Giovan Battista Piranesi	≈1756	dettagli della colonna dell'ordine interno	-	pantheon antico	Piranesi Tavola XXIII
78	Giovan Battista Piranesi	≈1756	dettagli della colonna ordine interno, scanalature.	-	pantheon antico	Piranesi Tavola XXIV
79	Giovan Battista Piranesi	≈1756	dettagli di modanature dell'ordine interno	-	pantheon antico	Piranesi Tavola XXV
80	Giovan Battista Piranesi	≈1756	dettagli di capitelli dell'ordine interno	-	pantheon antico	Piranesi Tavola XXVI
81	Giovan Battista Piranesi	≈1756	dettagli del secondo ordine interno - attico	-	pantheon antico	Piranesi Tavola XXVII
82	Giovan Battista Piranesi	≈1756	dettagli costruttivi, prospetti e sezione prospettica	-	pantheon antico	Piranesi Tavola XXVIII
83	Giovan Battista Piranesi	≈1756	sezione prospettica con il ponteggio del 1756	-	pantheon antico	Piranesi Tavola XXIX
84	Giuseppe Valadier	1810-14	pianta del pantheon e degli edifici circostanti	48 x32	pantheon antico	Lineamenta - Bibliotheca Hertziana
85	Achille Leclère	1813	pianta	101 x 140	pantheon e trasformazioni	Env9-01 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
86	Achille Leclère	1813	pianta a più livelli, attico cassettoni e copertura	101 x 139	pantheon e trasformazioni	Env9-02 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
87	Achille Leclère	1813	prospetto nord	116 x 101	pantheon e trasformazioni	Env9-03 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
88	Achille Leclère	1813	prospetto ovest	142 x 101	pantheon e trasformazioni	Env9-04 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
89	Achille Leclère	1813	sezione longitudinale	144 x 101	pantheon e trasformazioni	Env9-05 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
90	Achille Leclère	1813	sezione verticale e dettagli del portico	113 x 101	pantheon e trasformazioni	Env9-06 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris

n°	autore	anno	tipo	formato (cm)	oggetto	fonte
91	Achille Leclère	1813	sezione delle cappelle e dettagli della costruzione del portico	118 x 101	pantheon e trasformazioni	Env9-07 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
92	Achille Leclère	1813	sezione ricostruttiva del portico	67 x 102	pantheon antico	Env9-08 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
93	Achille Leclère	1813	pianta ricostruttiva	101 x 139	pantheon antico	Env9-09 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
94	Achille Leclère	1813	prospetto nord ricostruttivo	117 x 105	pantheon antico	Env9-10 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
95	Achille Leclère	1813	sezione longitudinale ricostruttiva	135 x 101	pantheon antico	Env9-11 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
96	Achille Leclère	1813	Dettagli delle cornici del portico	67 x 102	pantheon antico	Env9-12 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
97	Achille Leclère	1813	prospetto del timpano	67 x 103	pantheon antico	Env9-13 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
98	Achille Leclère	1813	prospetto e sezione del capitello del portico	102 x 130	pantheon antico	Env9-14 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
99	Achille Leclère	1813	prospetto e sezione delle paraste del portico	67 x 102	pantheon antico	Env9-15 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
100	Achille Leclère	1813	prospetto e sezioni delle cornici del portico	68 x 130	pantheon antico	Env9-16 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
101	Achille Leclère	1813	prospetto e sezione dell'ordine interno, capitello e trabeazione	122 x 102	pantheon antico	Env9-17 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
102	Achille Leclère	1813	prospetto e sezione delle paraste interne	68 x 105	pantheon antico	Env9-18 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
103	Achille Leclère	1813	dettagli del portone d'ingresso	68 x 102	pantheon antico	Env9-19 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
104	Achille Leclère	1813	sviluppo dei cassettoni della cupola	68 x 100	pantheon antico	Env9-20 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
105	Achille Leclère	1813	prospetti e sezioni degli altari	68 x 101	pantheon antico	Env9-21 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
106	Antoine Jean Baptiste Rondelet	1860	Sviluppo della cupola con dettaglio della geometria dei cassettoni	-	pantheon antico	Tavola I Rondelet 1860
107	Antoine Jean Baptiste Rondelet	1860	Sezione dei cassettoni, pianta, prospetto e sezione del Pantheon	-	pantheon antico	Tavola II Rondelet 1860
108	Antoine Jean Baptiste Rondelet	1860	Studio sulla geometria del cassettone	-	pantheon antico	Tavola III Rondelet 1860
109	George Chedanne	1892	prospetto nord	132 x 104	pantheon e trasformazioni	Env82-01 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
110	George Chedanne	1892	prospetto ovest	164 x 104	pantheon e trasformazioni	Env82-02 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
111	George Chedanne	1892	sezione trasversale	136 x 105	pantheon e trasformazioni	Env82-03 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris

n°	autore	anno	tipo	formato (cm)	oggetto	fonte
112	George Chedanne	1892	sezione longitudinale	164 x 104	pantheon e trasformazioni	Env82-04 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
113	George Chedanne	1892	prospetto dell'ordine architettonico interno, capitello e basi	90 x 138	pantheon e trasformazioni	Env82-06 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
114	George Chedanne	1892	spaccato assonometrico	129 x 99	pantheon e trasformazioni	Env82-05 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
115	Beltrami e Armanini	1892-94	pianta	28 x 40	pantheon antico	Beltrami 1898
116	Beltrami e Armanini	1892-94	prospettiva interna	28 x 40	pantheon antico	Beltrami 1898
117	Beltrami e Armanini	1892-94	sviluppo del prospetto esterno	28 x 40	pantheon antico	Beltrami 1898
118	Beltrami e Armanini	1892-94	stralcio di sezione trasversale	28 x 40	pantheon antico	Beltrami 1898
119	Rilievo 2017	2017	pianta		pantheon e trasformazioni	-
120	Rilievo 2017	2017	sezione longitudinale		pantheon e trasformazioni	-
121	Rilievo 2017	2017	sezione trasversale		pantheon e trasformazioni	-
122	Rilievo 2017	2017	sezione trasversale con ombre		pantheon e trasformazioni	-

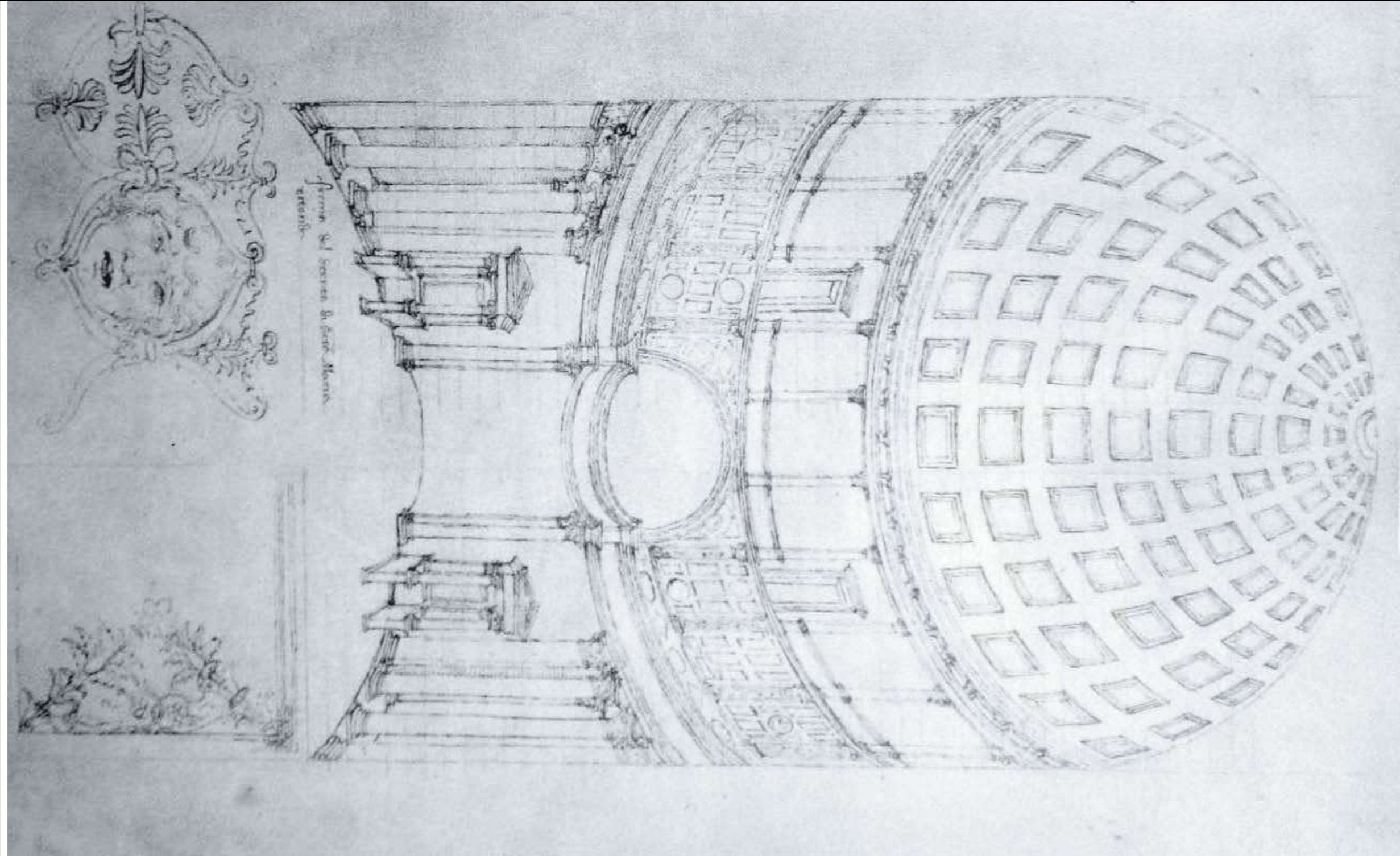


1	Giuliano da Sangallo	≈1465	pianta	46 x 39	pantheon antico	Biblioteca Apostolica Vaticana, Vat. Barb. lat 4424, f. 13 recto
---	----------------------	-------	--------	---------	-----------------	--

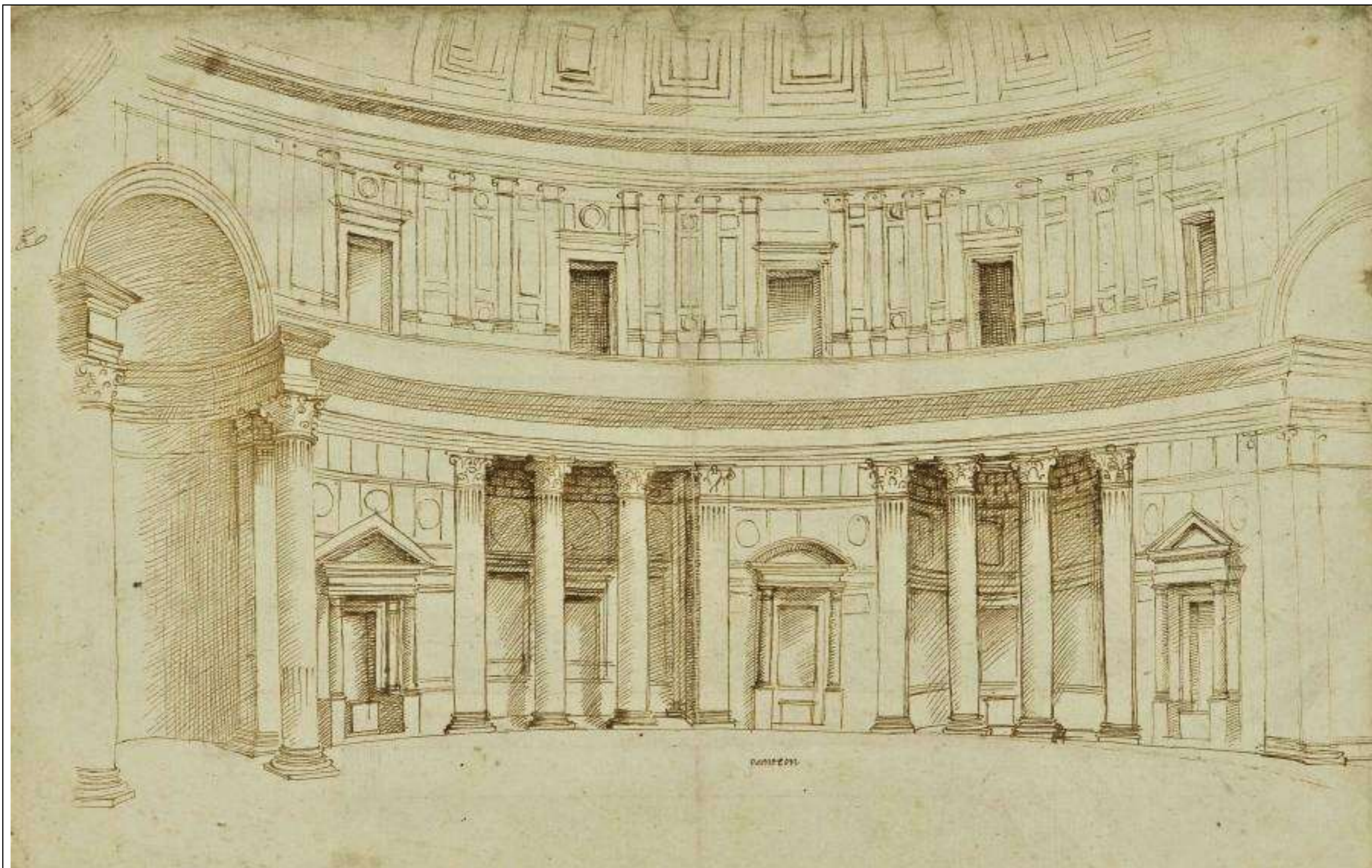


2	Giuliano da Sangallo	≈1490	pianta	26 x 12	pantheon antico	Pisa, Biblioteca comunale, cod. S. IV 8
---	----------------------	-------	--------	---------	-----------------	---

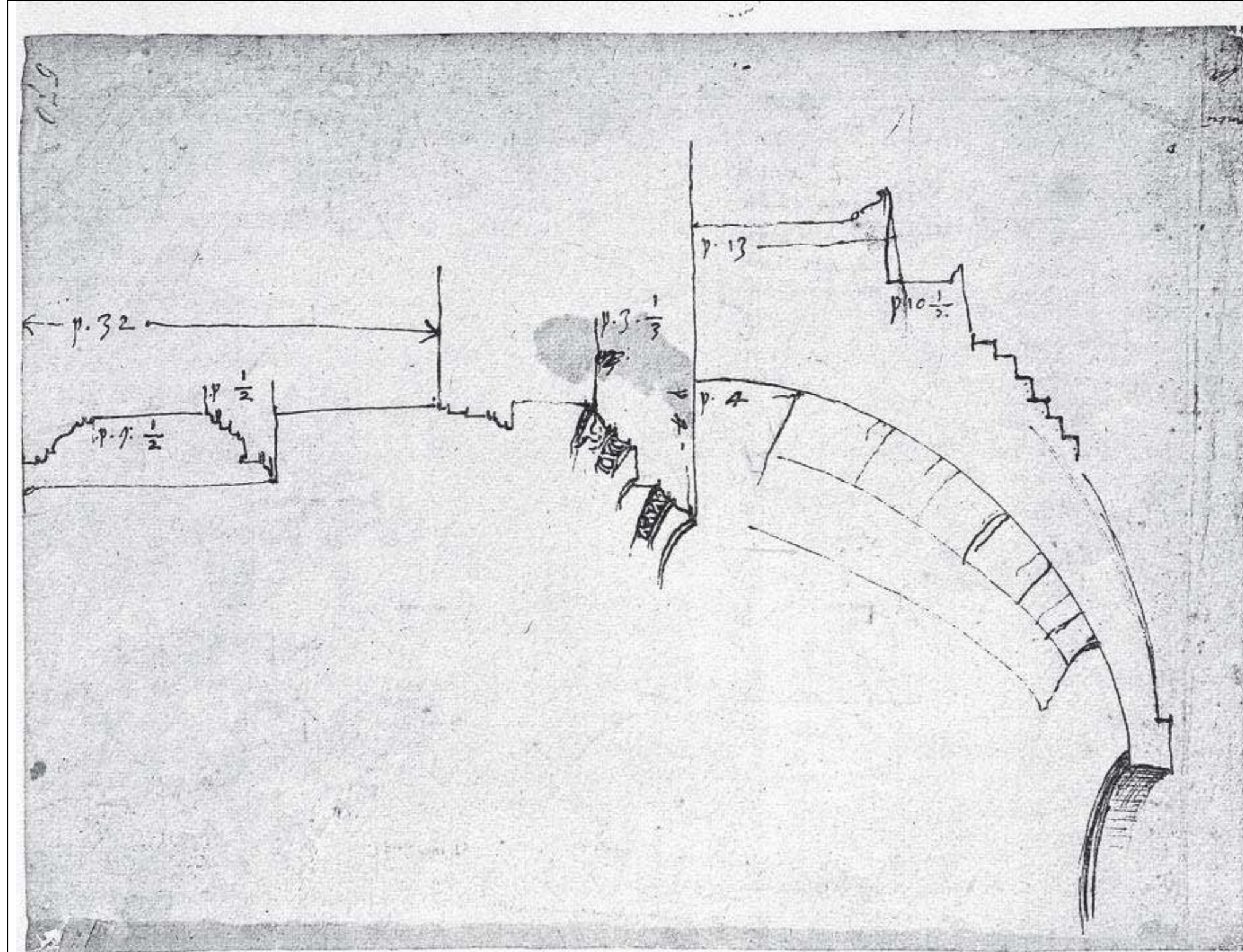
<p>Fig. 11</p> <p>Arch. 4379 recto.</p>		<p>pantheon antico</p>				
<p>3</p>	<p>Domenico Ghirlandaio</p>	<p>≈1470</p>	<p>pianta</p>	<p>22 x 15</p>	<p>pantheon antico</p>	<p>Uffizi a 4379 Foglio 1 e Foglio 2</p>



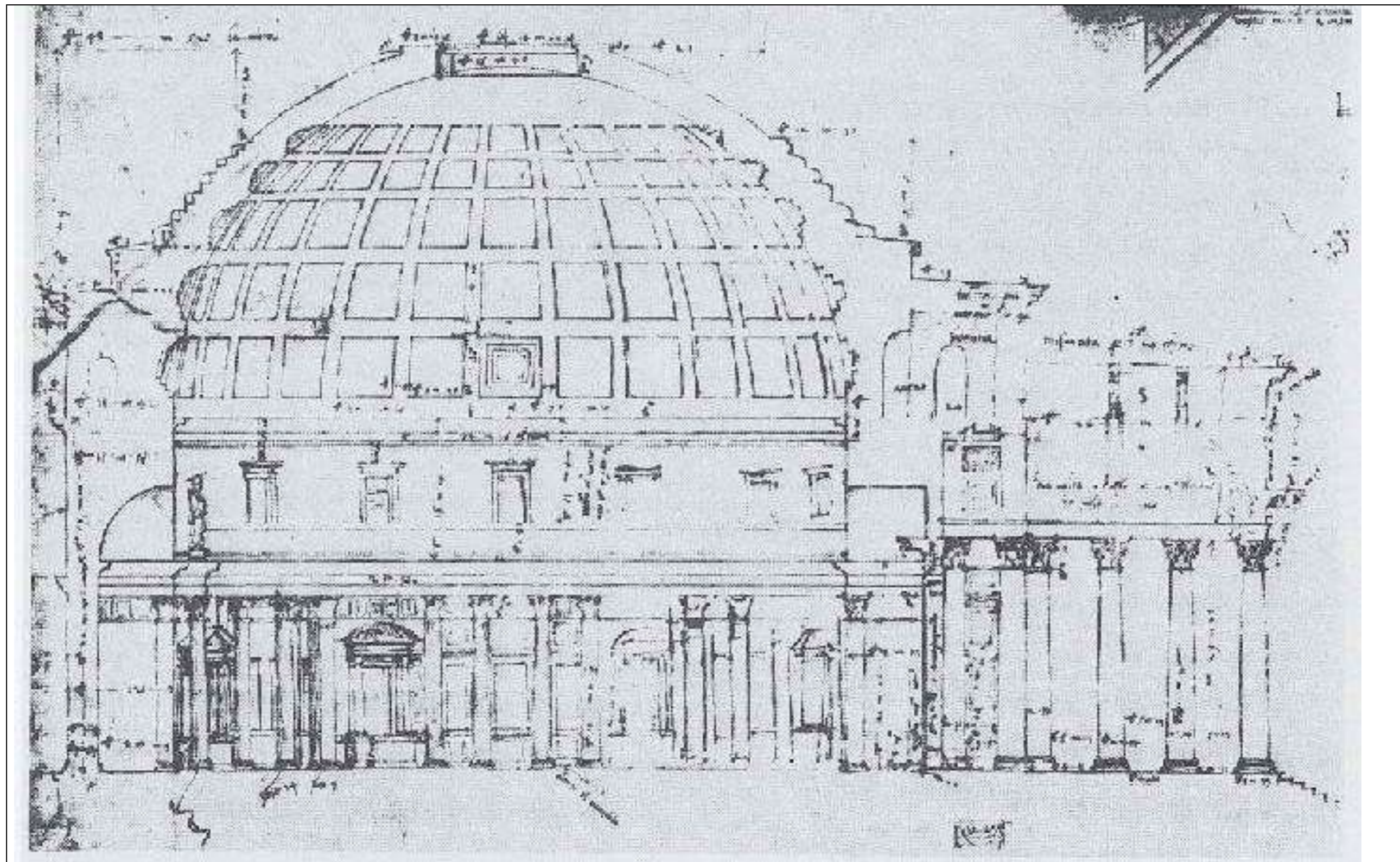
4	Francesco di Giorgio Martini	≈1478	sezione prospettica	-	pantheon antico	Trattati di architettura e ingegneria militare
---	------------------------------	-------	---------------------	---	-----------------	--



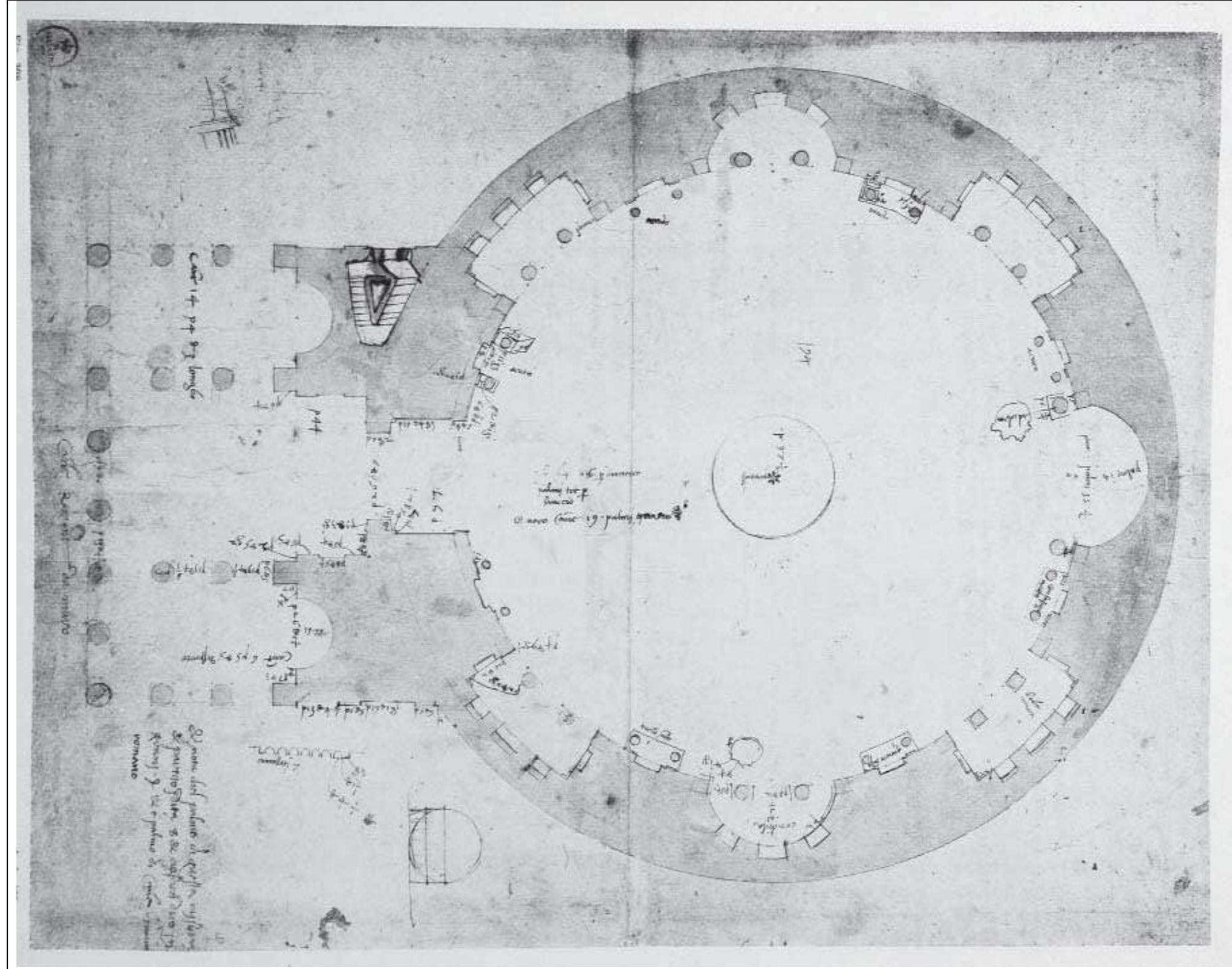
5	Raffaello Sanzio	≈1507	veduta prospettica della metà inferiore	40 x 28	pantheon antico	Uffizi a 164 Foglio 1
---	------------------	-------	---	---------	-----------------	-----------------------



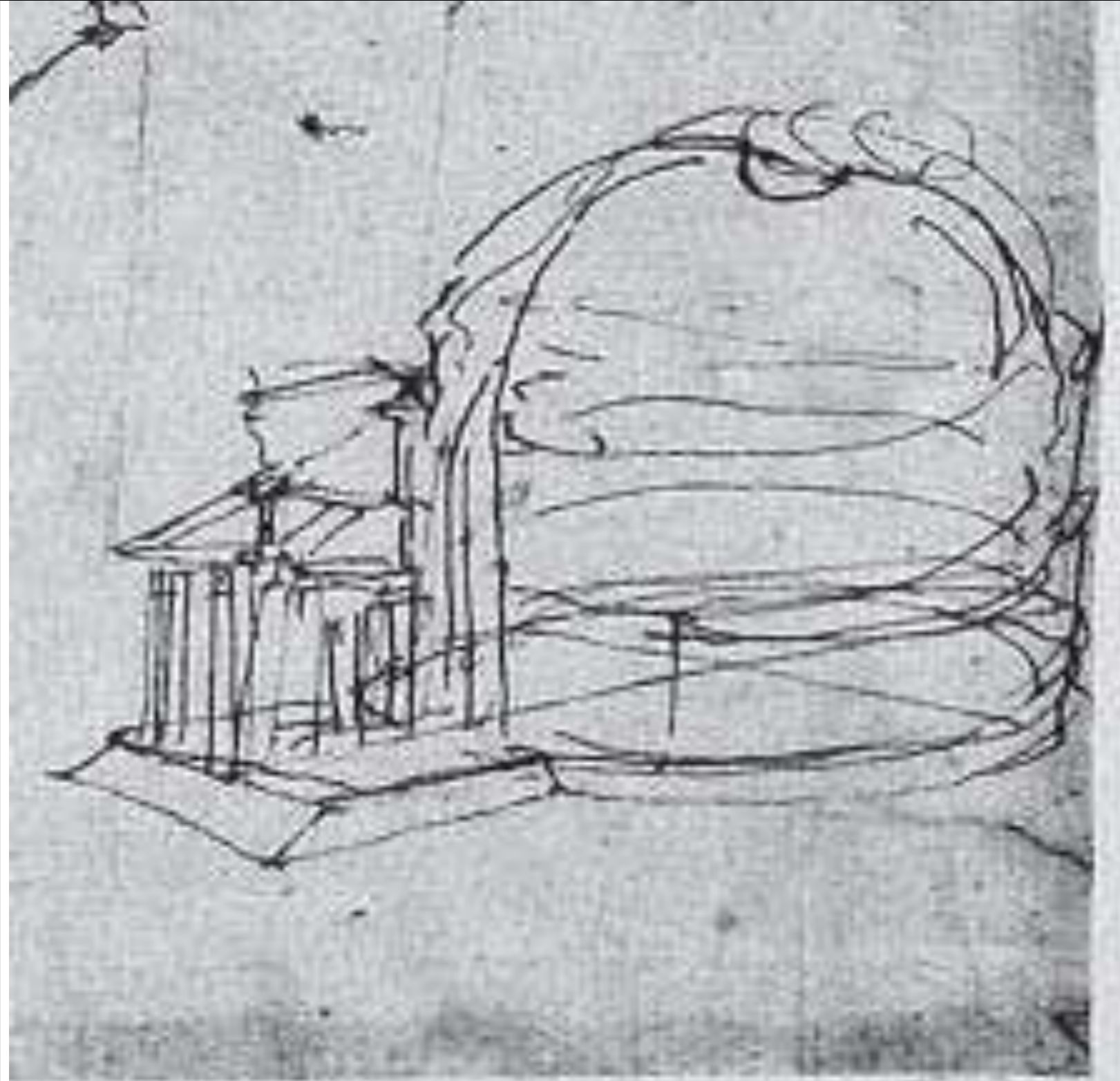
6	Baldassarre Peruzzi	≈1511-36	sezione prospettica	-	-	Bartoli 1917, Vol. II, fig. 264
---	---------------------	----------	---------------------	---	---	---------------------------------



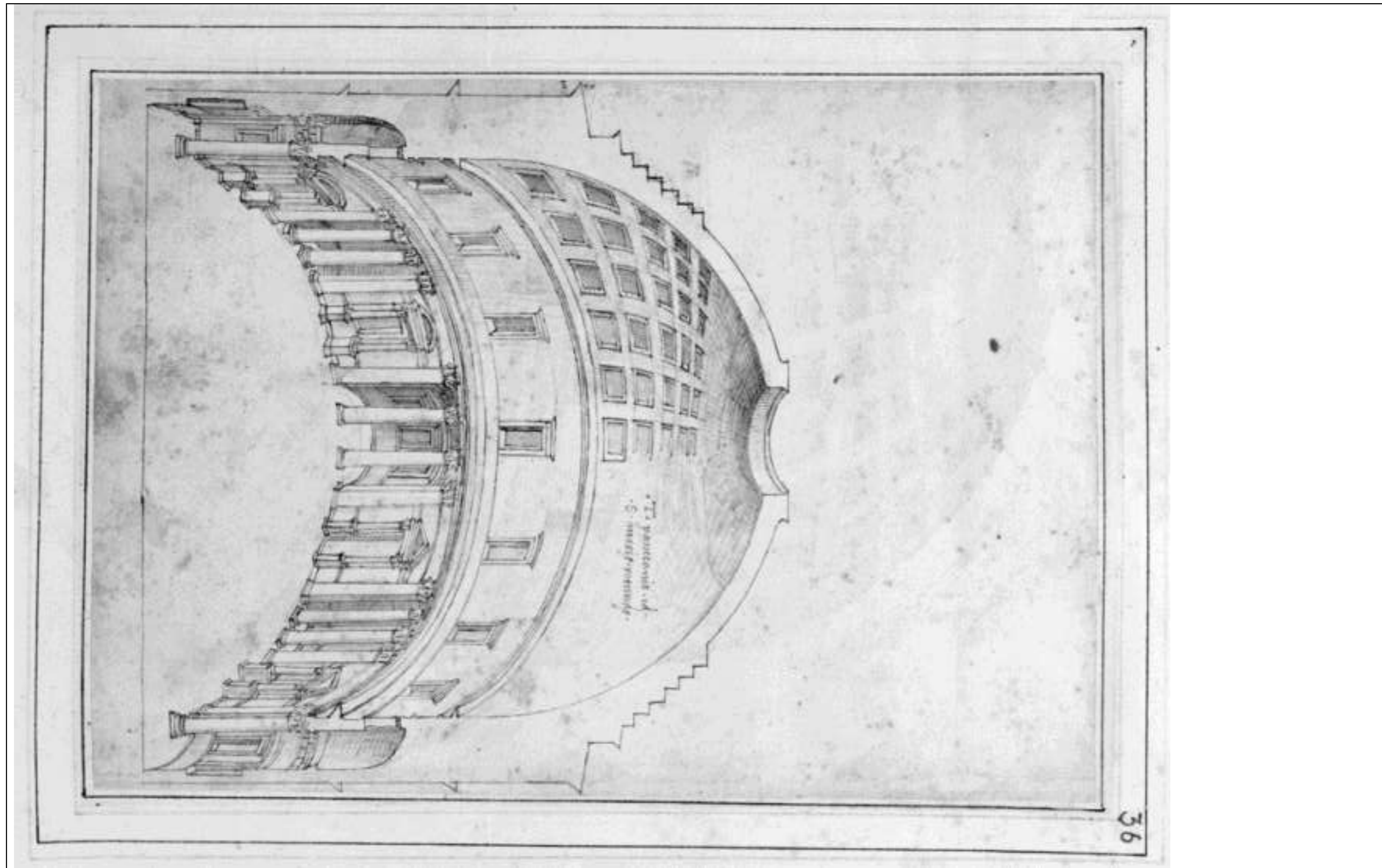
7	Baldassarre Peruzzi	≈1511-36	sezione longitudinale	-	pantheon antico	Waddell 2000, 34
---	---------------------	----------	-----------------------	---	-----------------	------------------



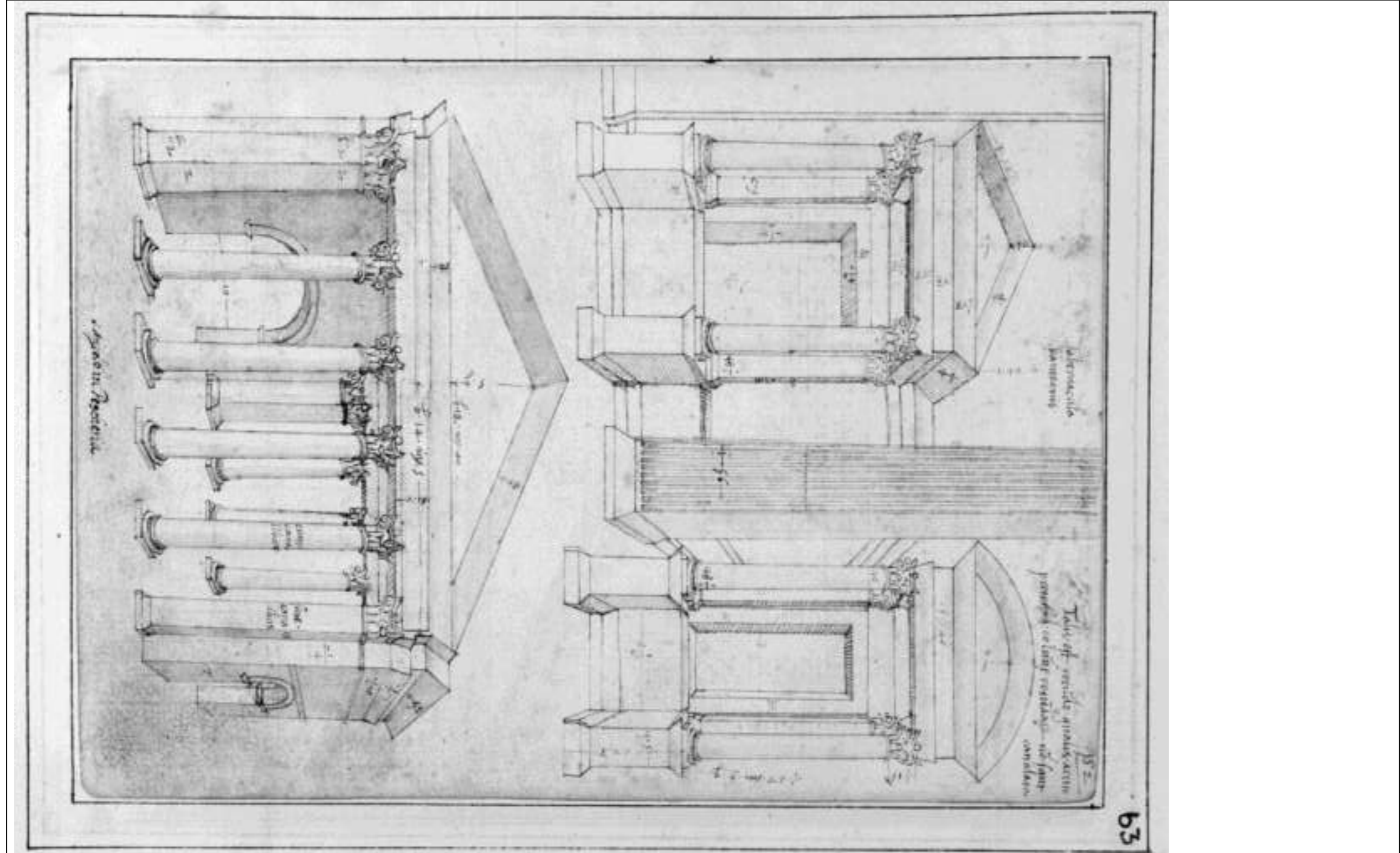
8	Baldassarre Peruzzi	≈1511-36	pianta	-	pantheon antico	Bartoli 1917, Vol. II, fig. 308
---	---------------------	----------	--------	---	-----------------	---------------------------------



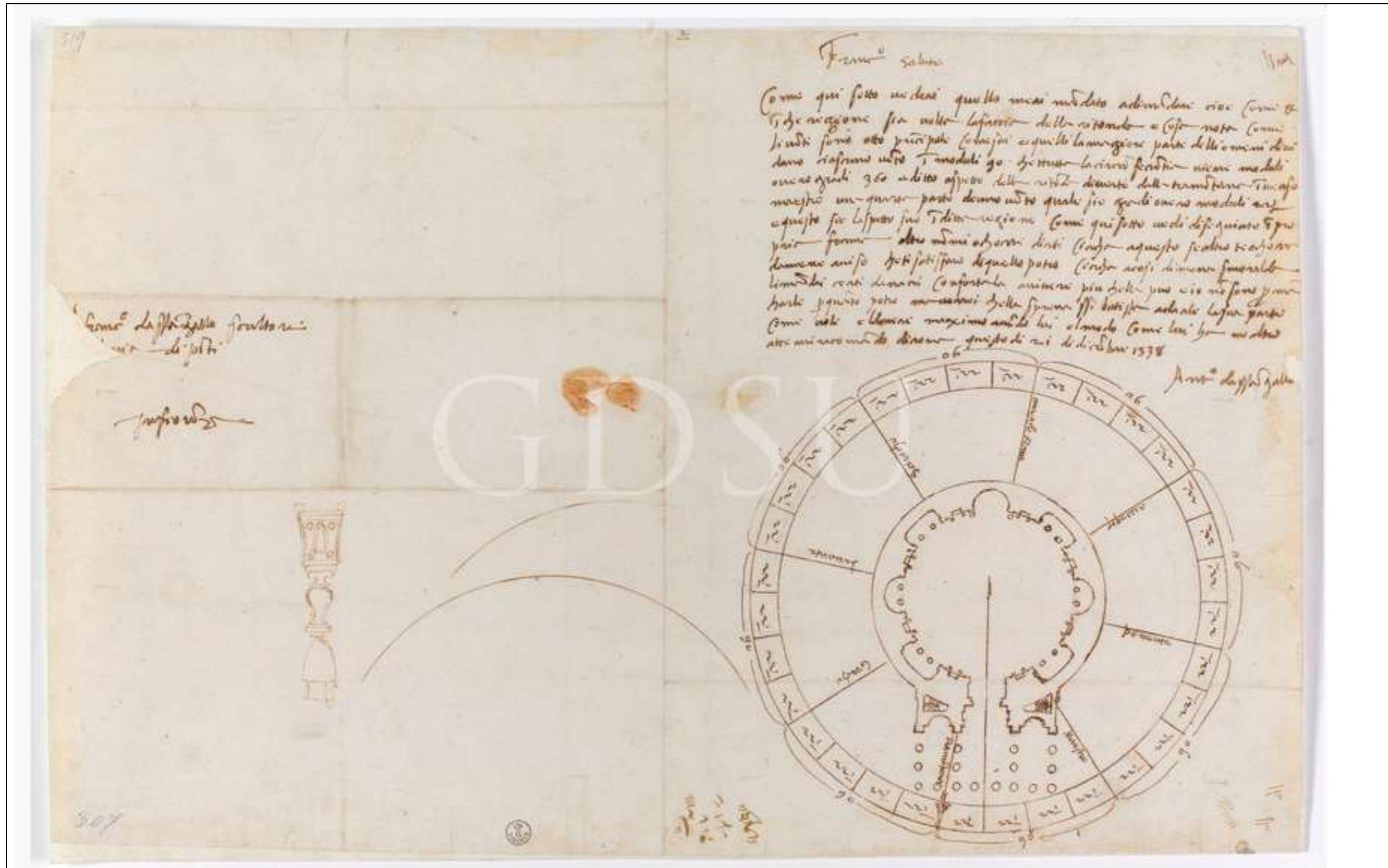
9	Sallustio Peruzzi	≈1511-70	sezione prospettica	-	pantheon antico	Bartoli 1917, Vol. IV, fig. 660
---	-------------------	----------	---------------------	---	-----------------	---------------------------------



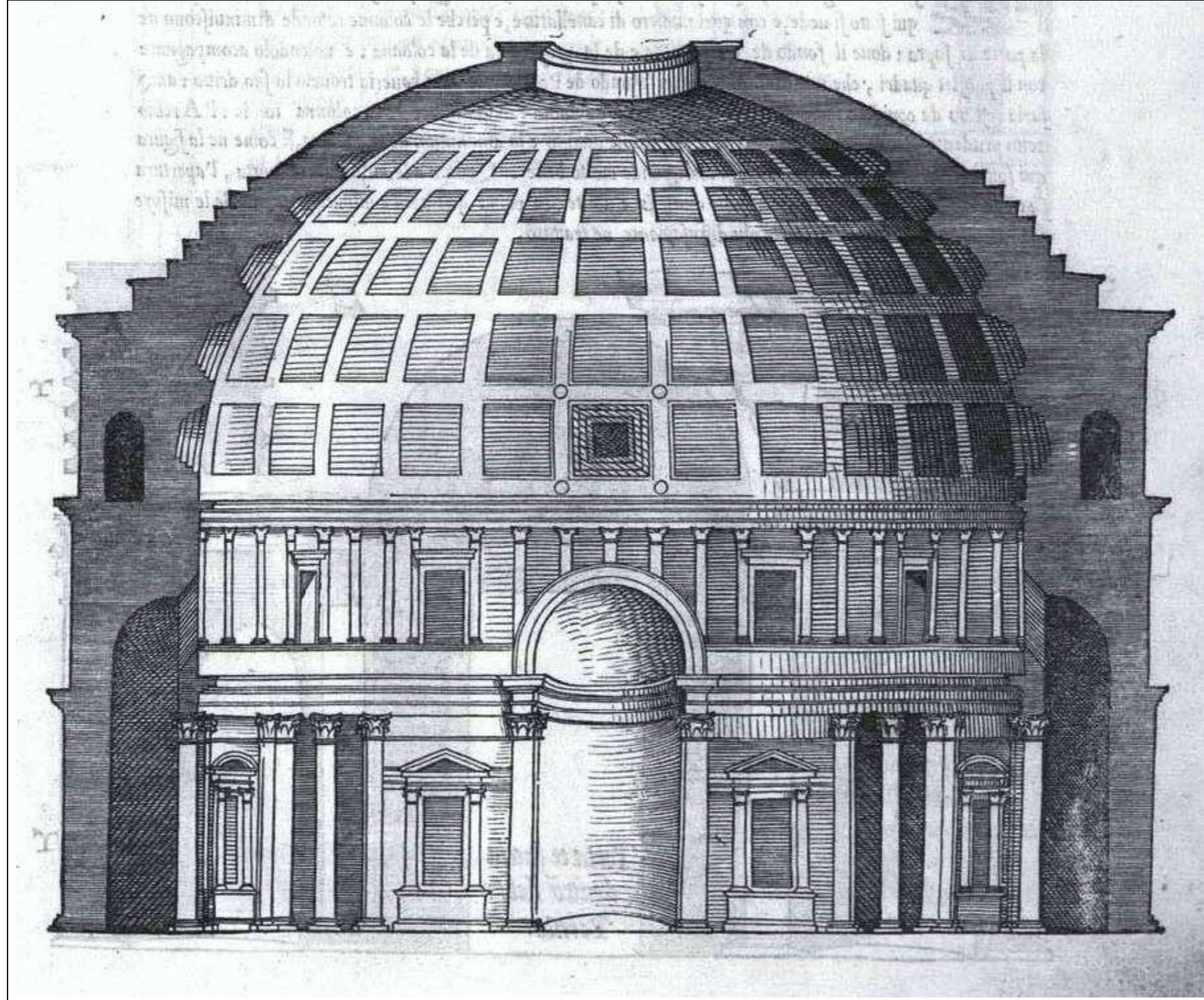
10	Bernardino della Volpaia	≈1512-15	sezione prospettica	-	pantheon antico	Codice Coner foglio 32v
----	--------------------------	----------	---------------------	---	-----------------	-------------------------



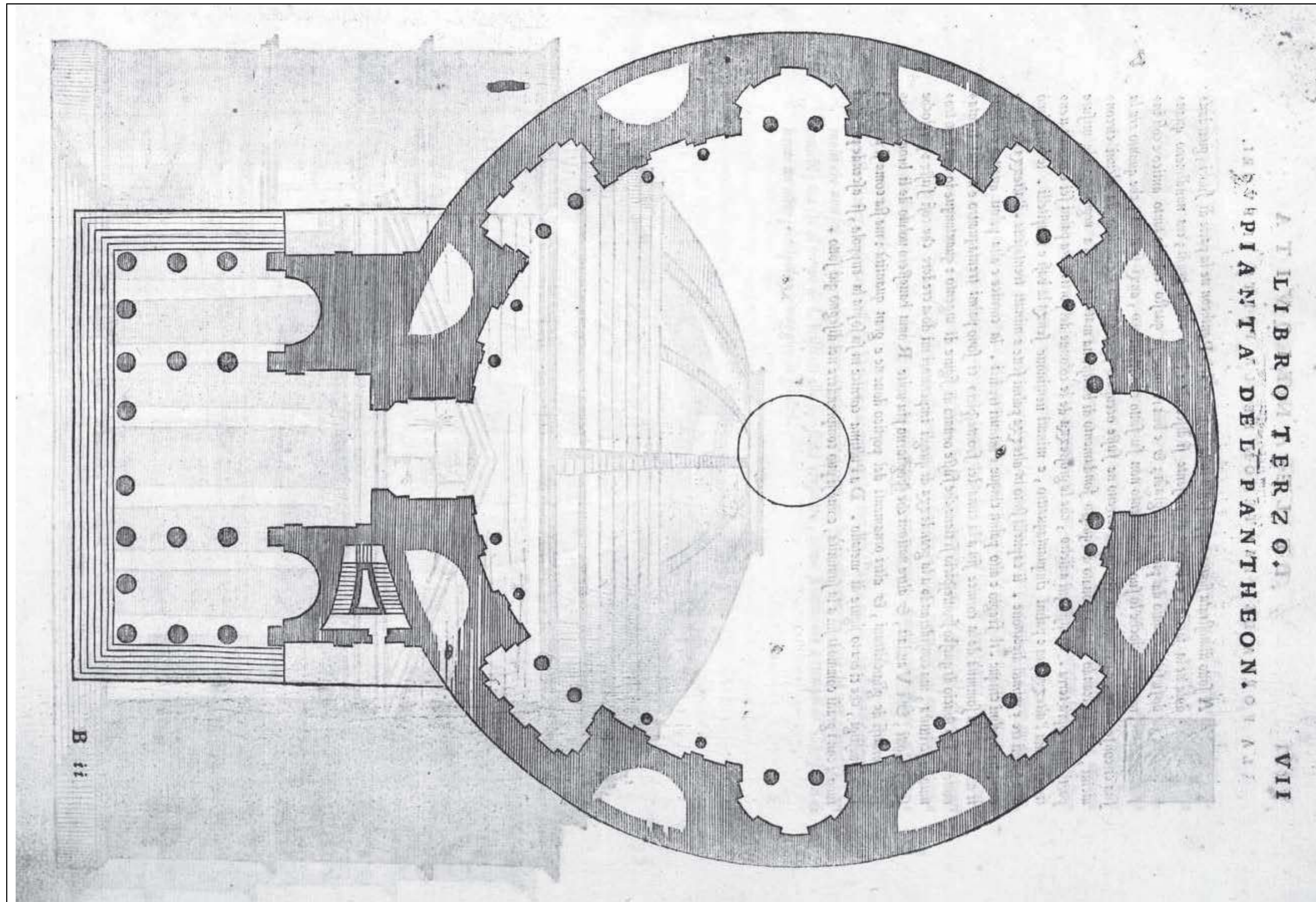
11	Bernardino della Volpaia	≈1512-15	vedute prospettiche del portico e degli altari	-	pantheon antico	Codice Coner foglio 52r
----	--------------------------	----------	--	---	-----------------	-------------------------

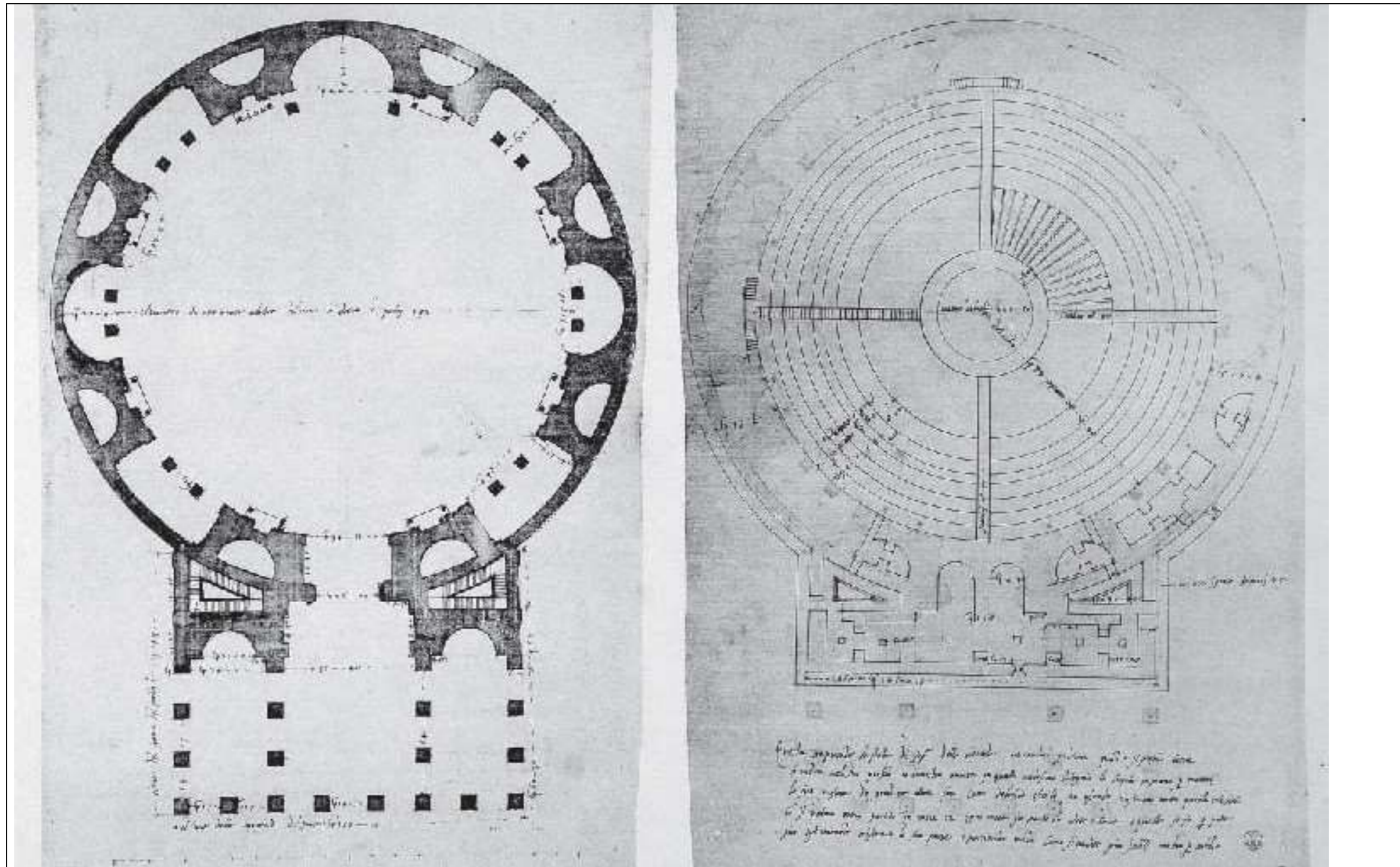


12	Antonio da Sangallo il giovane	≈1538-42	pianta	-	pantheon antico	Uffizi a 307 foglio 1
----	--------------------------------	----------	--------	---	-----------------	-----------------------

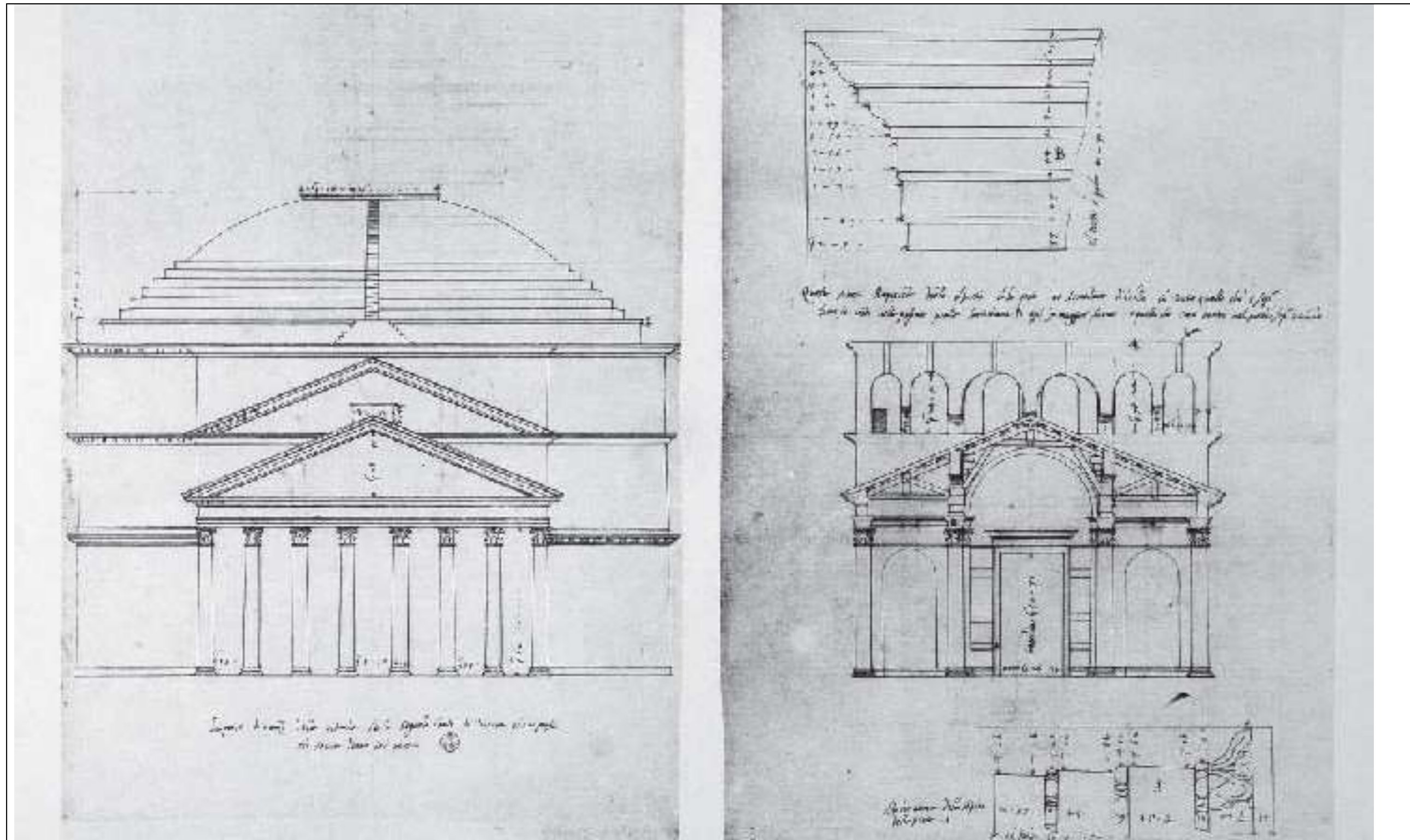


13	Sebastiano Serlio	1540	prospetto		pantheon antico	Serlio, Libro III
----	-------------------	------	-----------	--	-----------------	-------------------

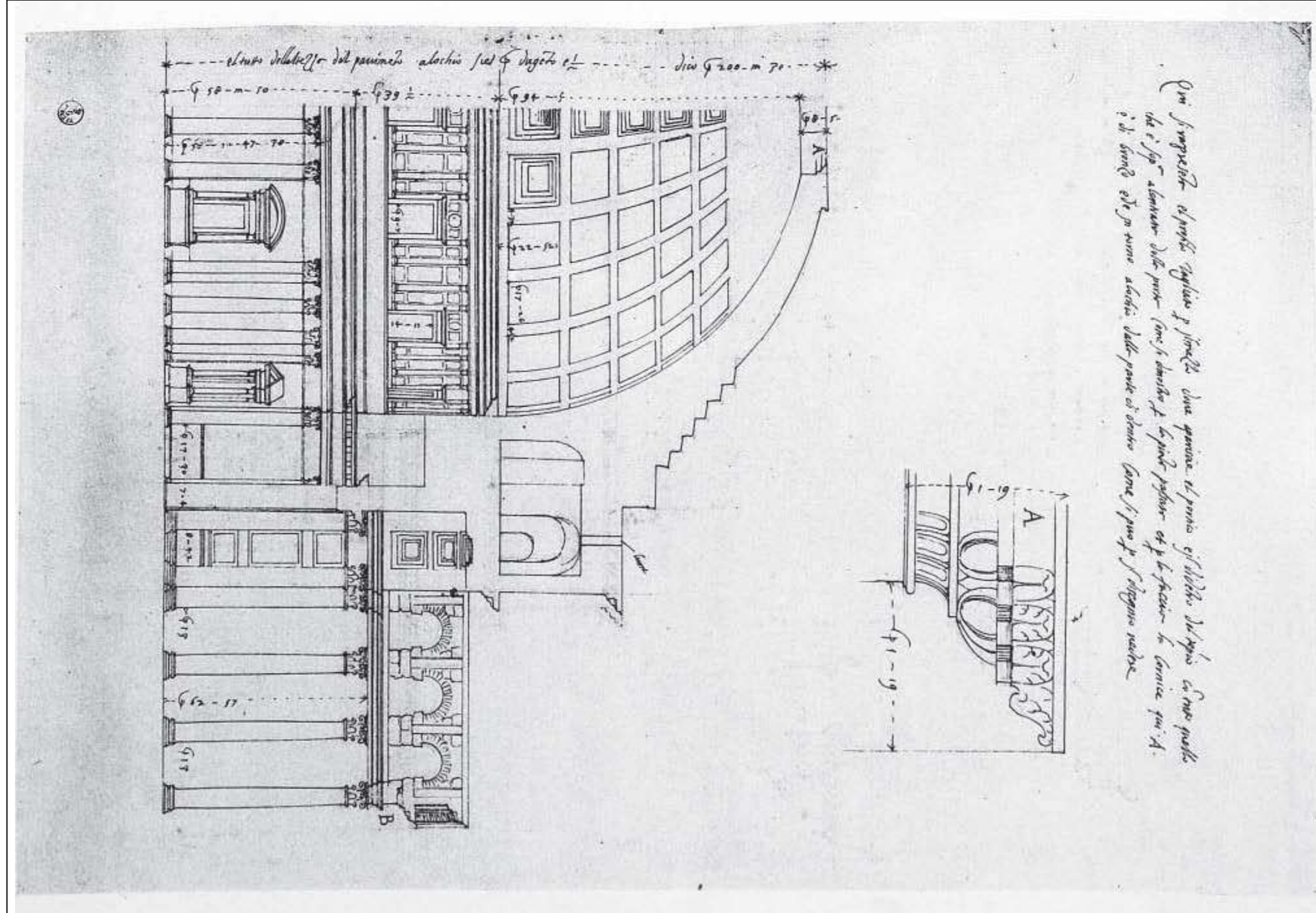




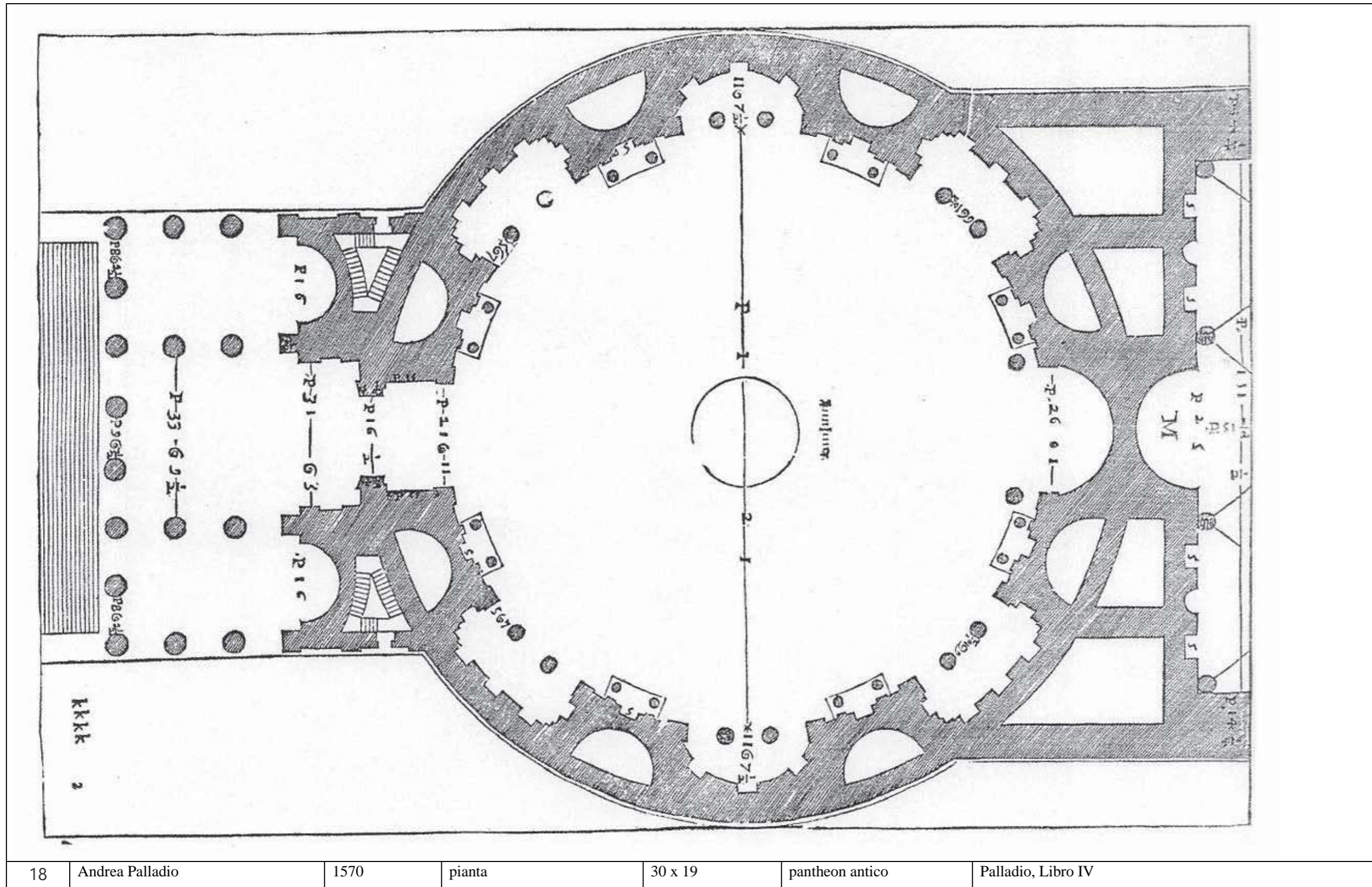
15	Giovanni Antonio Dosio	≈1549-74	pianta e pianta alla quota della cupola	44 x 58	pantheon antico	Bartoli 1917 Vol. V
----	------------------------	----------	---	---------	-----------------	---------------------



16	Giovanni Antonio Dosio	≈1549-74	prospetto e sezione verticale del portico	44 x 58	pantheon antico	Bartoli 1917 Vol. V
----	------------------------	----------	---	---------	-----------------	---------------------



17	Giovanni Antonio Dosio	≈1549-74	stralcio di sezione longitudinale	44 x 58	pantheon antico	Bartoli 1917 Vol. V
----	------------------------	----------	-----------------------------------	---------	-----------------	---------------------



18

Andrea Palladio

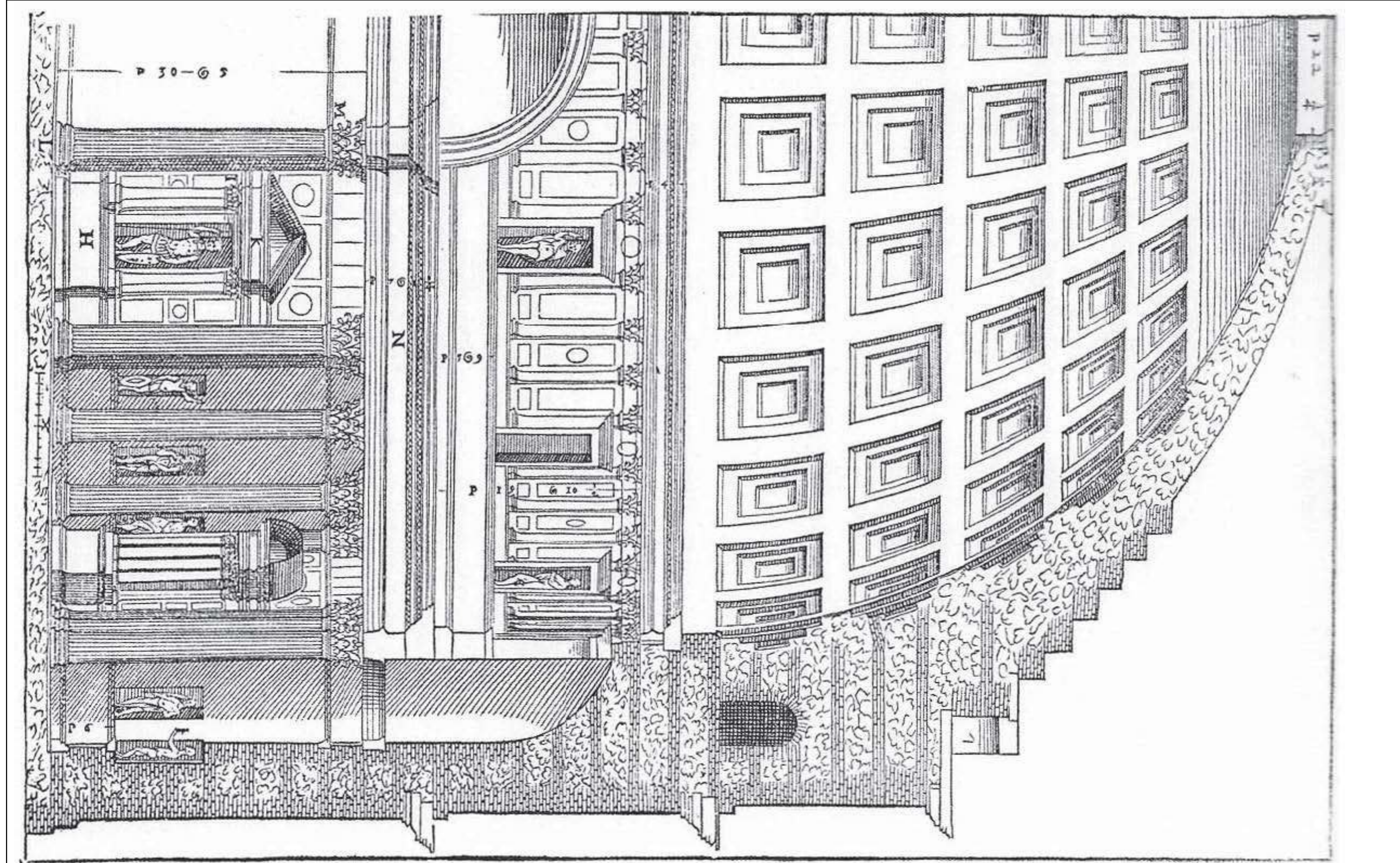
1570

pianta

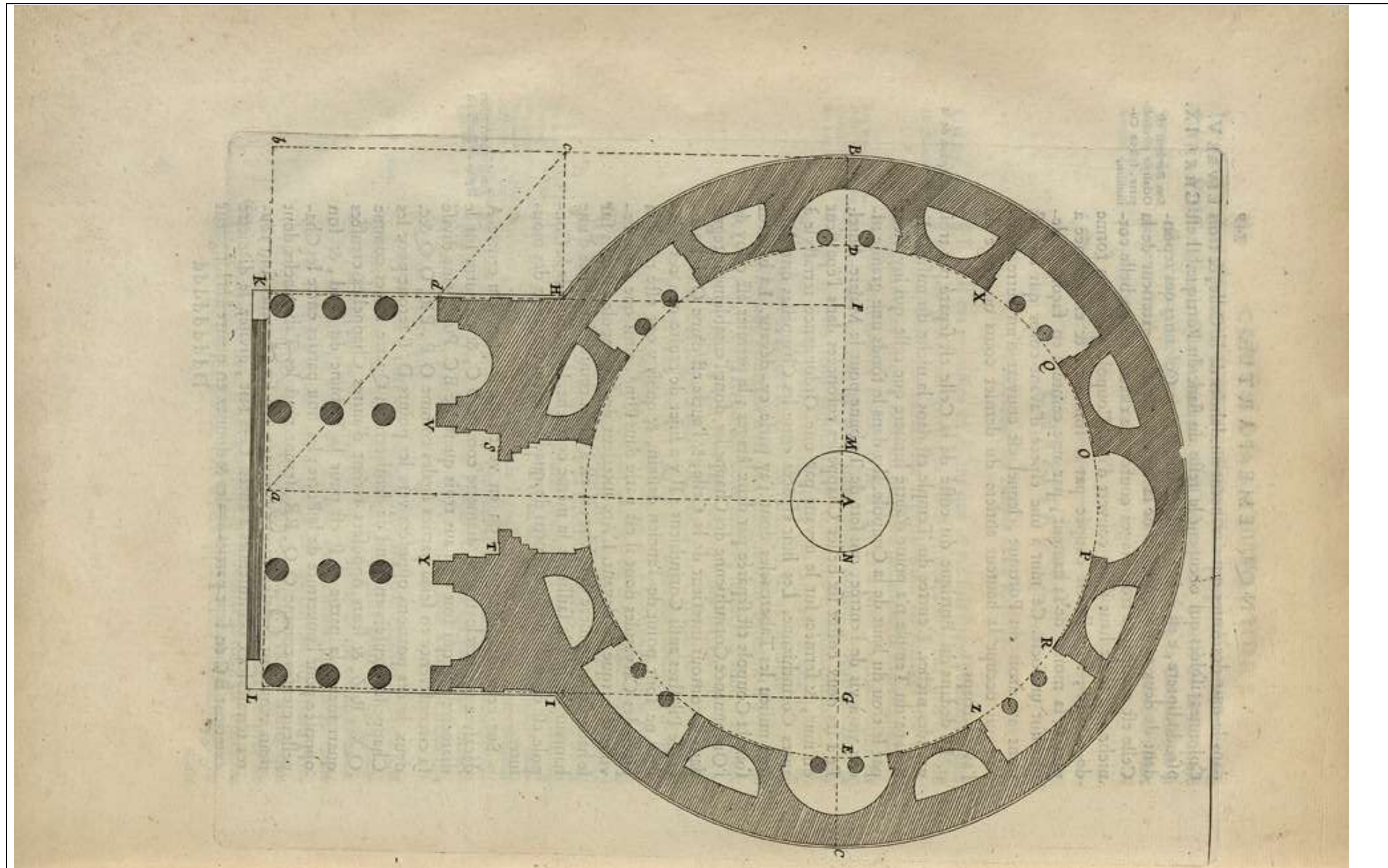
30 x 19

pantheon antico

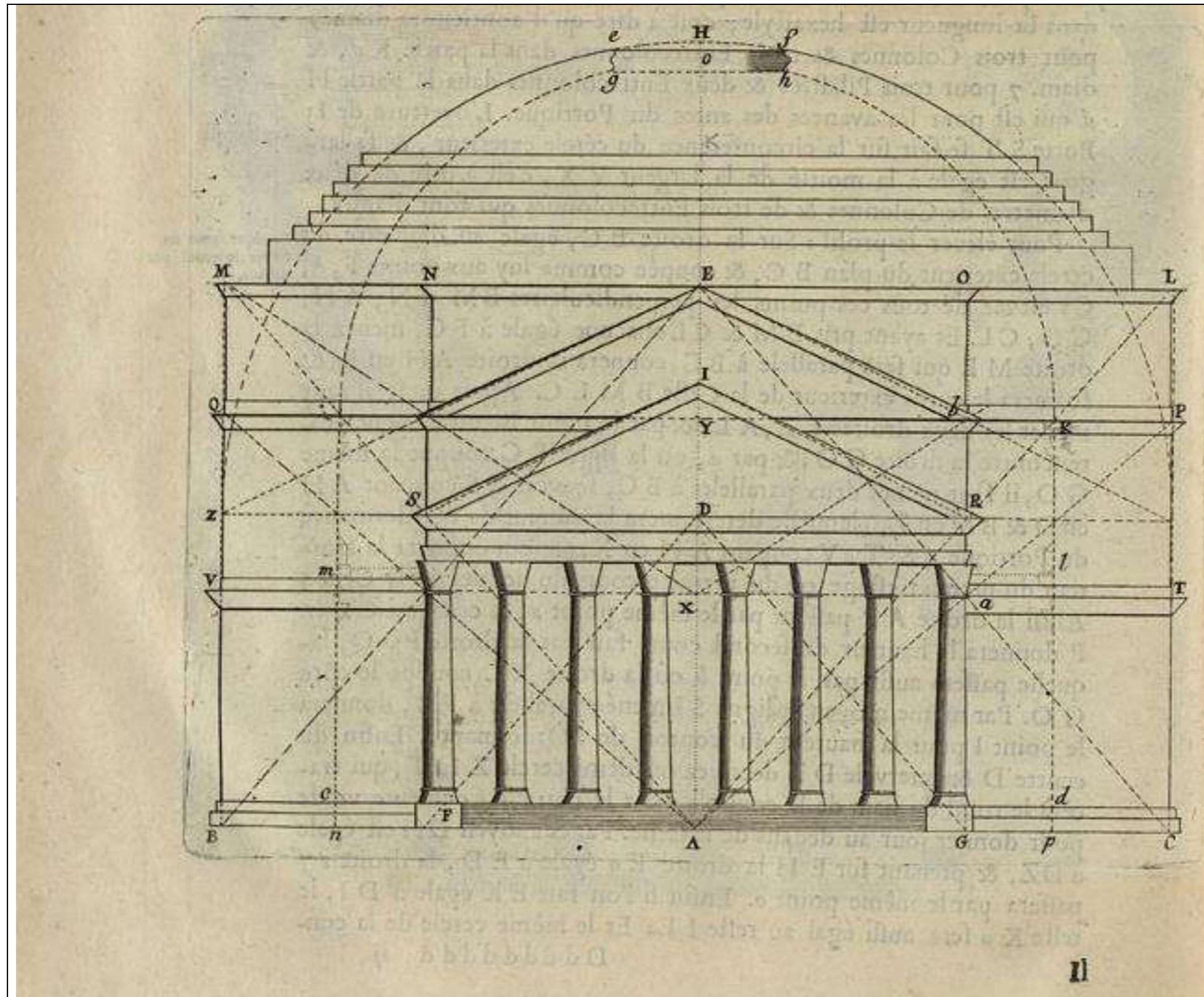
Palladio, Libro IV



19	Andrea Palladio	1570	prospetto	30 x 19	pantheon antico	Palladio, Libro IV
----	-----------------	------	-----------	---------	-----------------	--------------------



20	Nicolas François Blondel	1675	pianta	-	pantheon antico	Cours d'architecture
----	--------------------------	------	--------	---	-----------------	----------------------

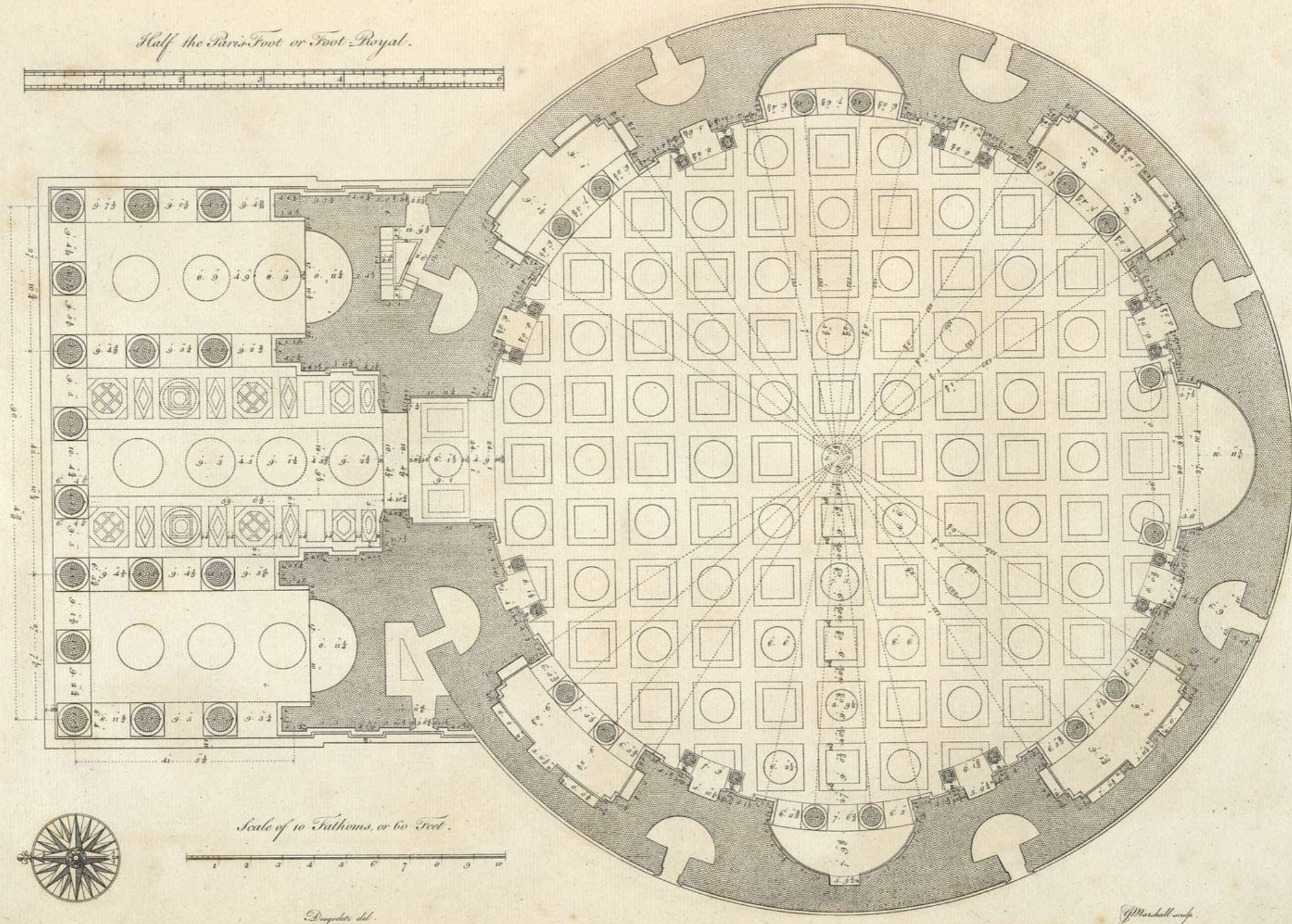


21	Nicolas François Blondel	1675	prospetto	-	pantheon antico	Cours d'architecture
----	--------------------------	------	-----------	---	-----------------	----------------------

I Plate

THE GROUND-PAN OF THE PANTHEON AT ROME.

Half the Paris Foot or Foot-Royal.



22

Antoine Desgodets

1682

pianta

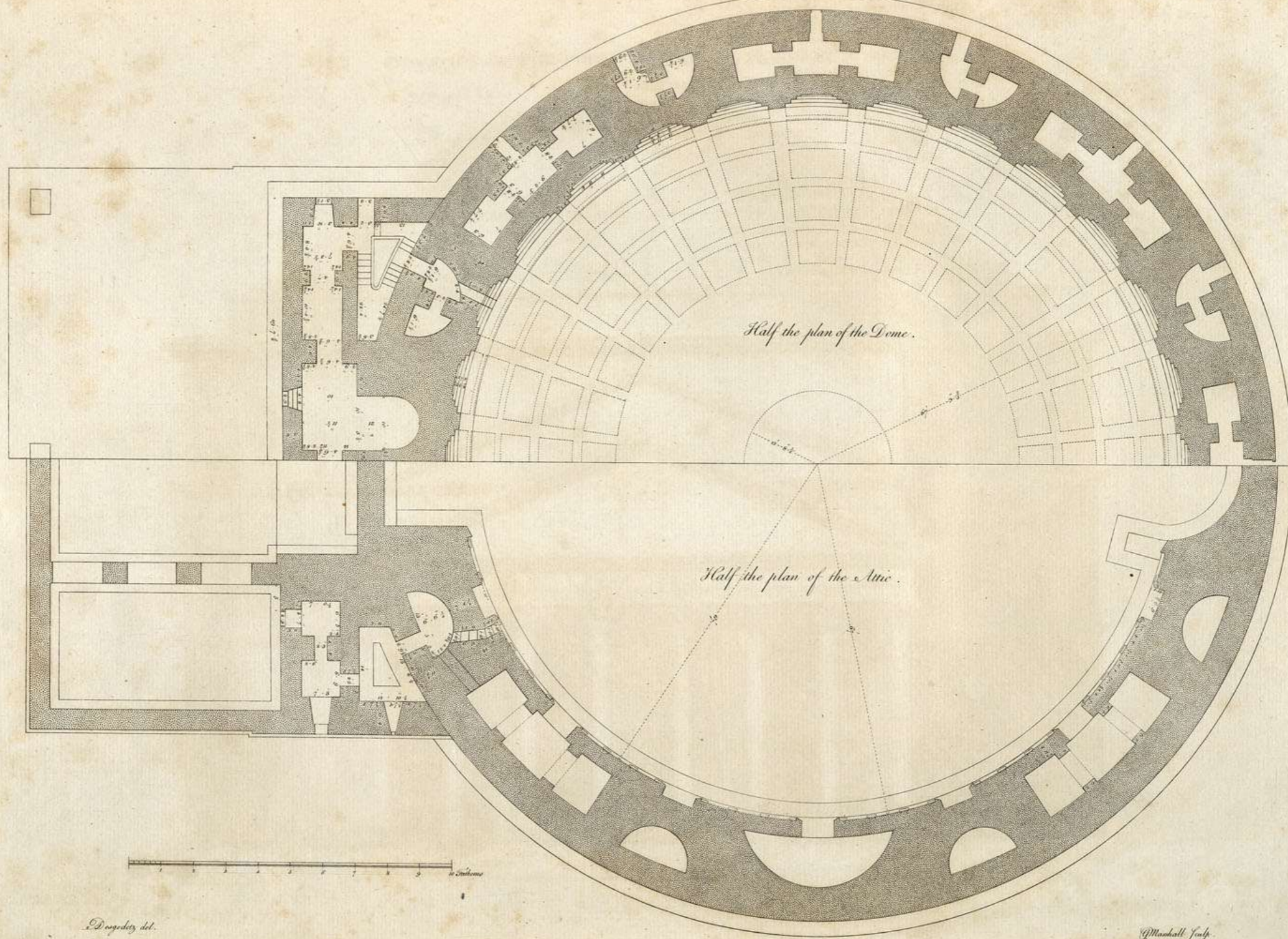
64 x 23

pantheon antico

Desgodets Tavola I

II 22.

OF THE PANTHEON AT ROME.



23

Antoine Desgodets

1682

pianta attico e pianta cupola

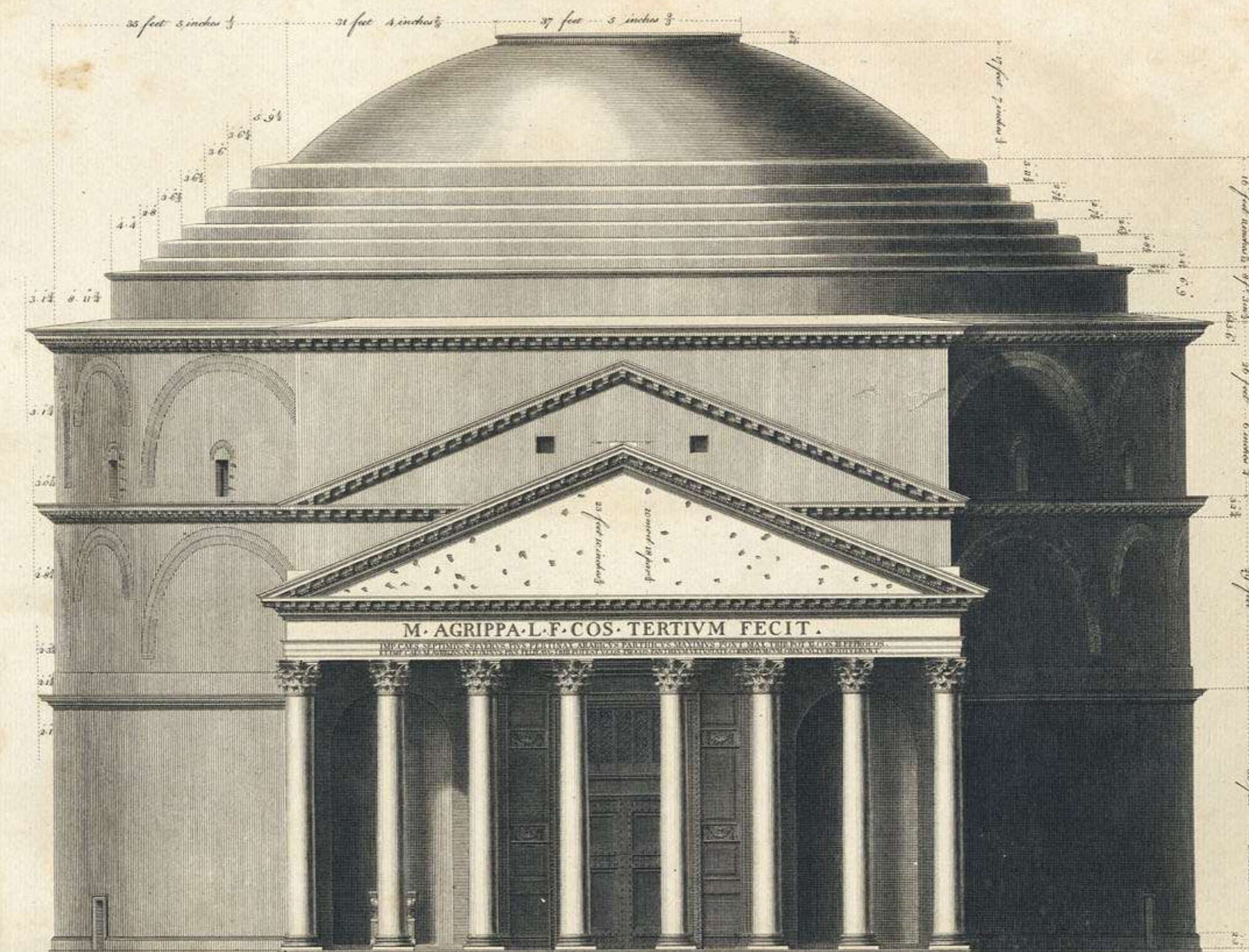
64 x 23

pantheon antico

Desgodets Tavola II

III. A.

ELEVATION OF THE FRONT OF THE PANTHEON AT ROME.



24

Antoine Desgodets

1682

prospetto nord

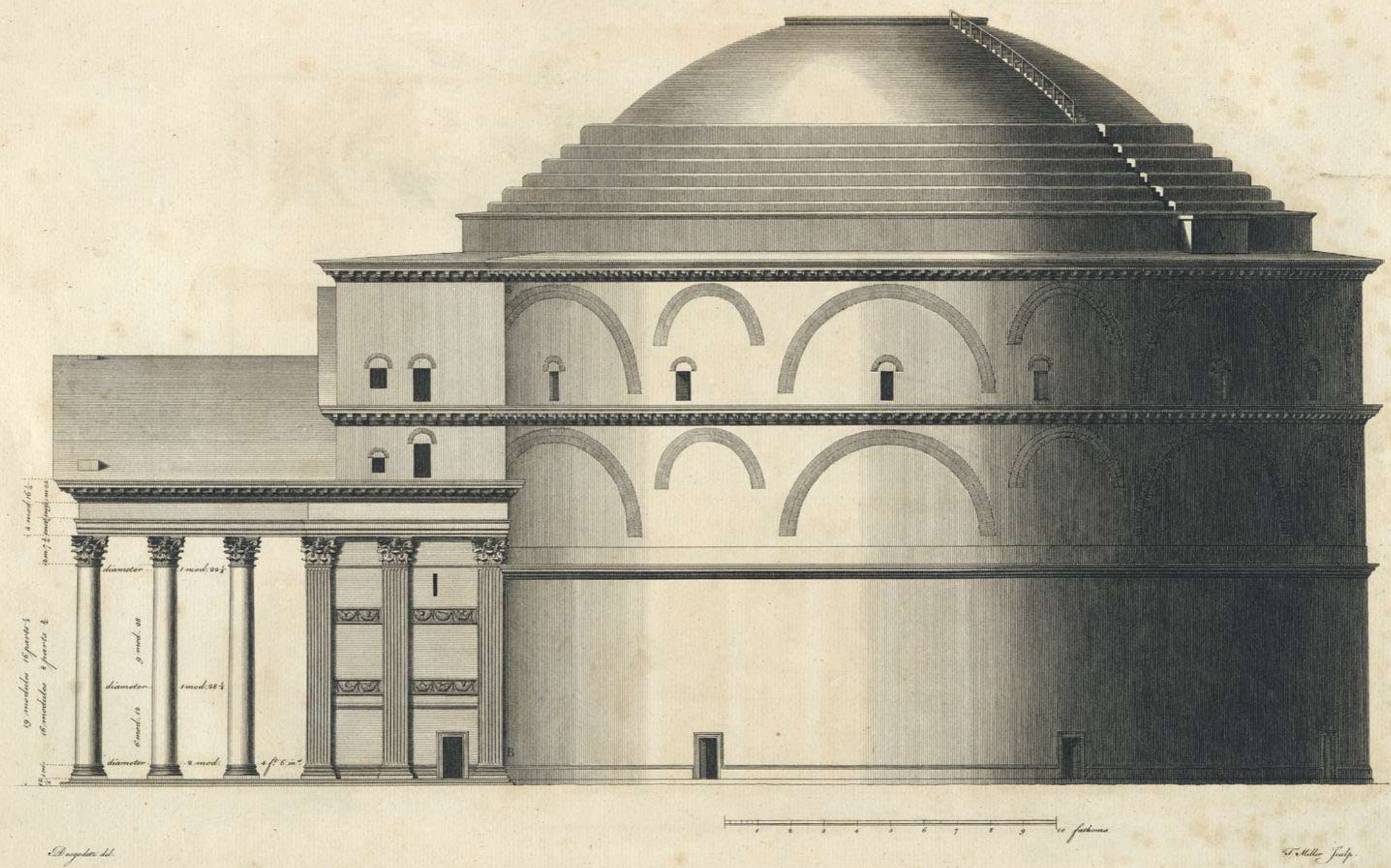
64 x 23

pantheon antico

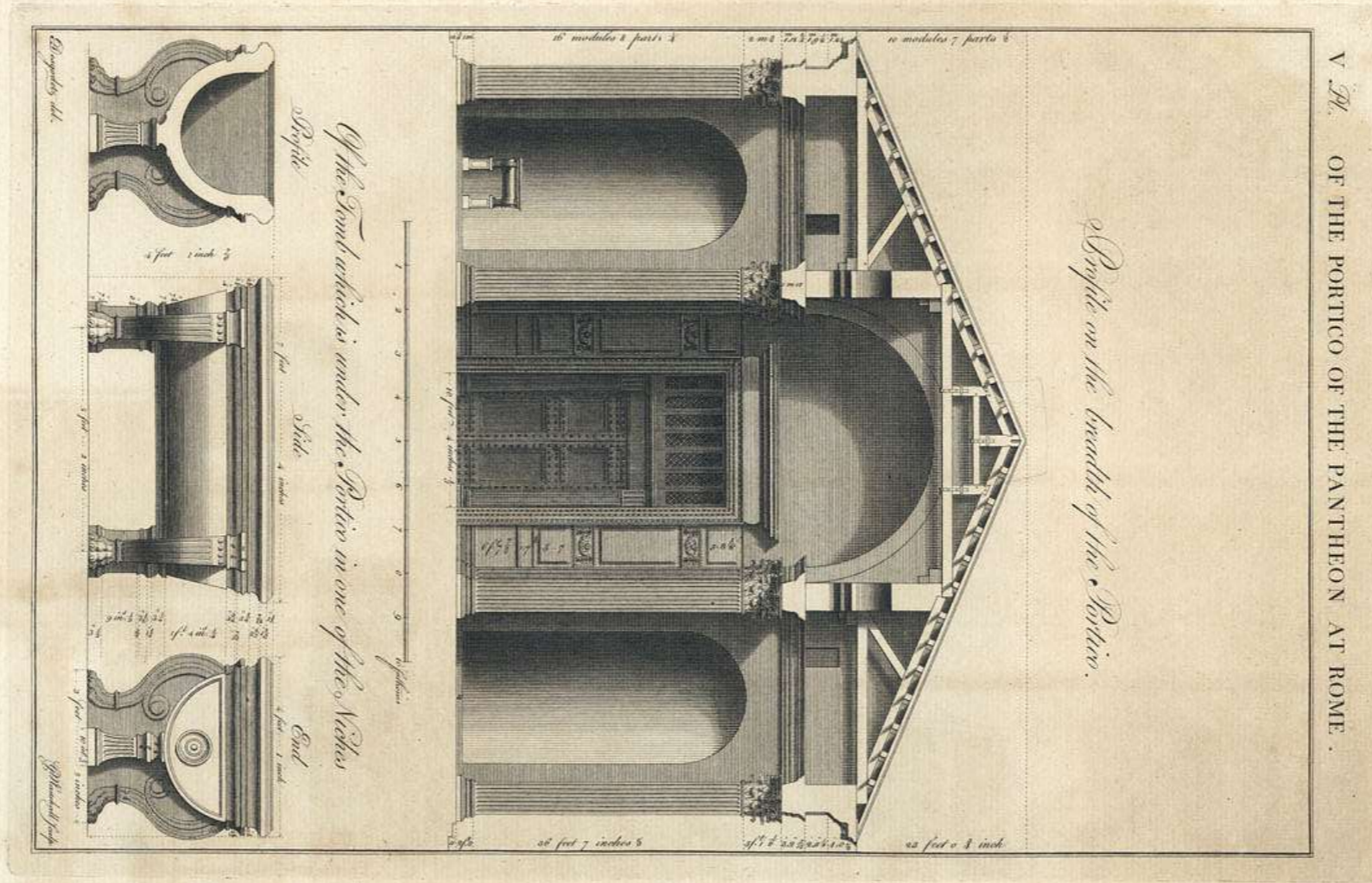
Desgodets Tavola III

IV. P.

ELEVATION OF THE FLANK OF THE PANTHEON AT ROME.

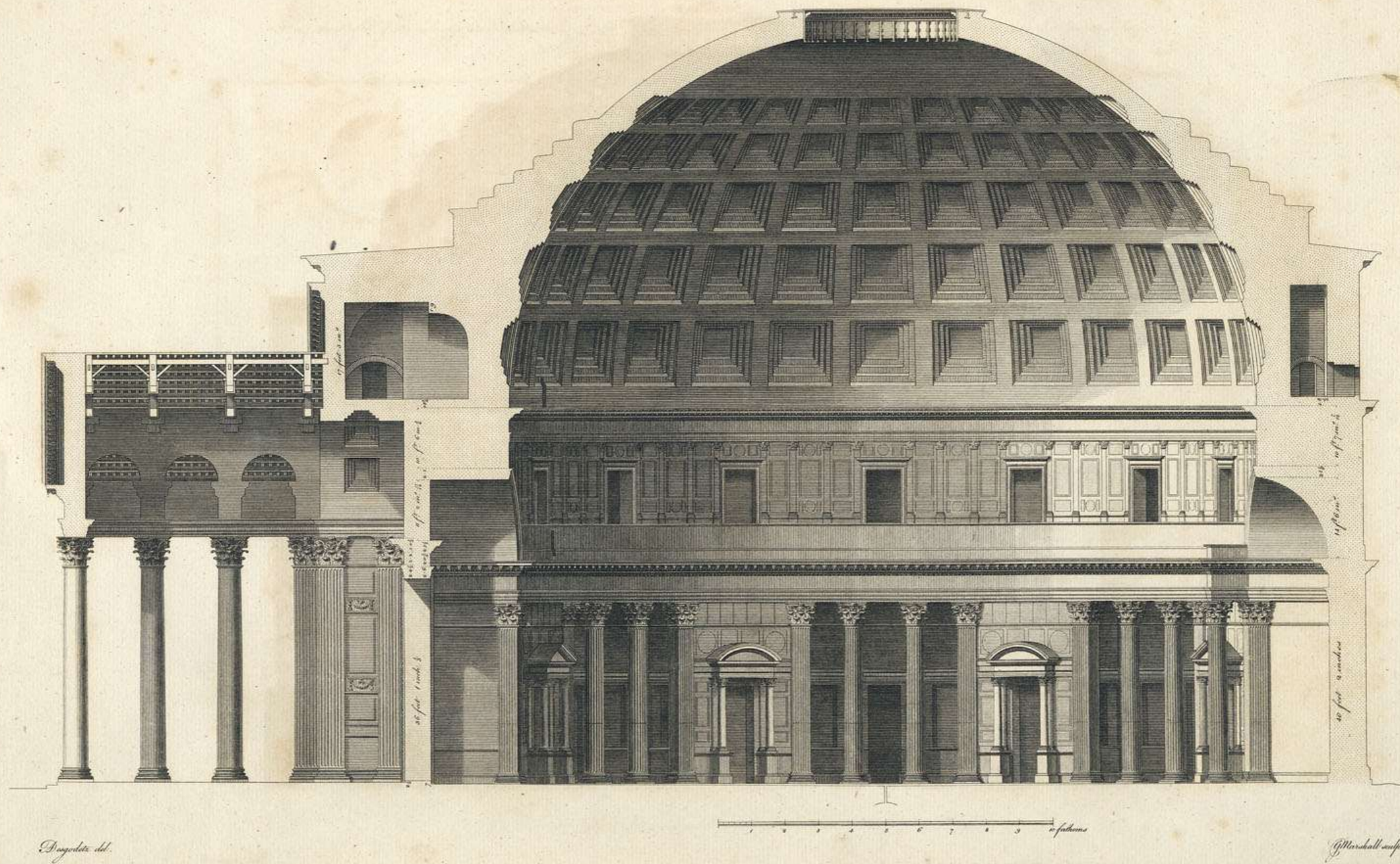


25	Antoine Desgodets	1682	prospetto ovest	64 x 23	pantheon antico	Desgodets Tavola IV
----	-------------------	------	-----------------	---------	-----------------	---------------------



VI. H

PROFILE ON THE LENGTH OF THE PANTHEON AT ROME.



27

Antoine Desgodets

1682

sezione longitudinale

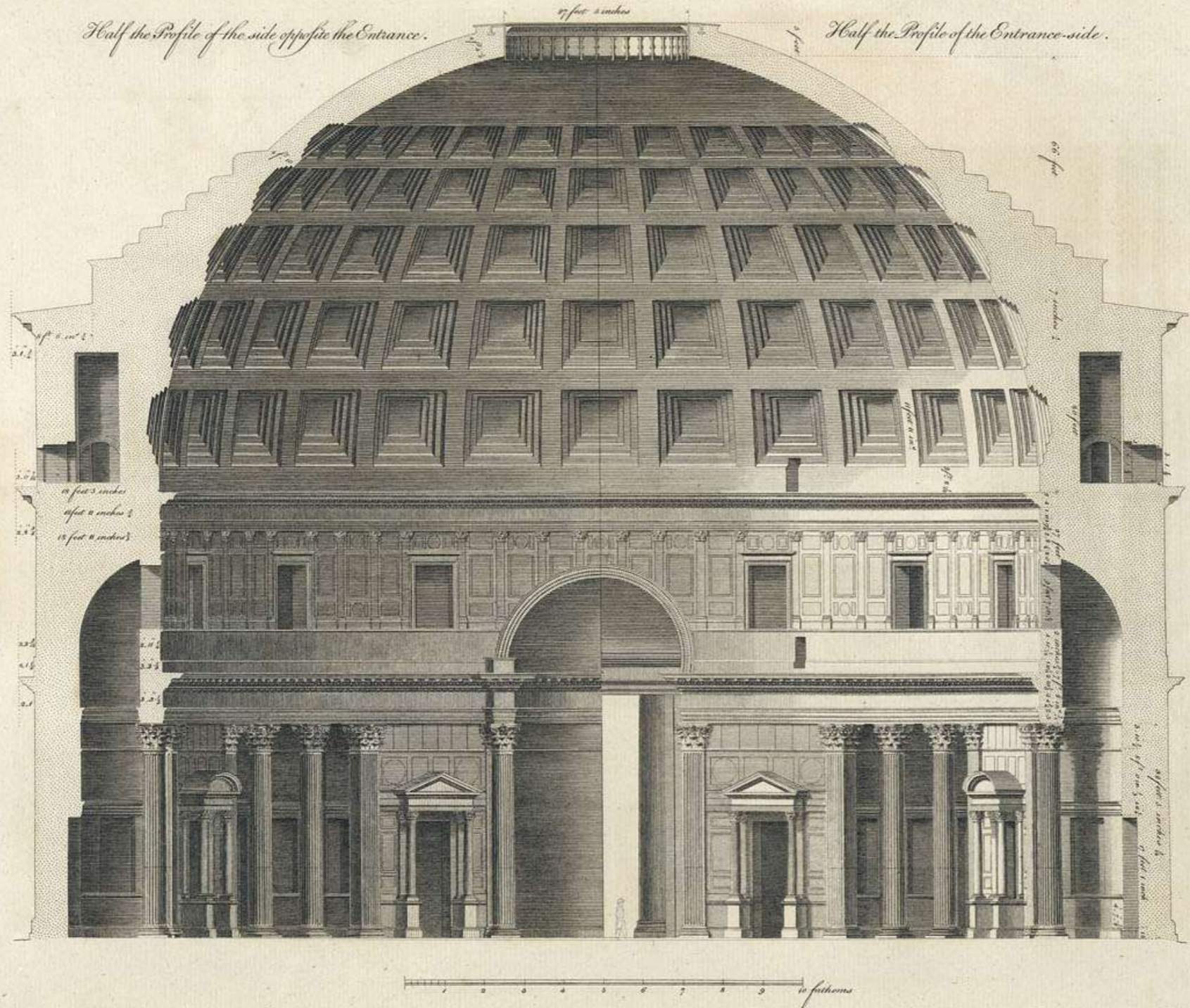
64 x 23

pantheon antico

Desgodets Tavola VI

VII. N.

OF THE PANTHEON AT ROME.



28

Antoine Desgodets

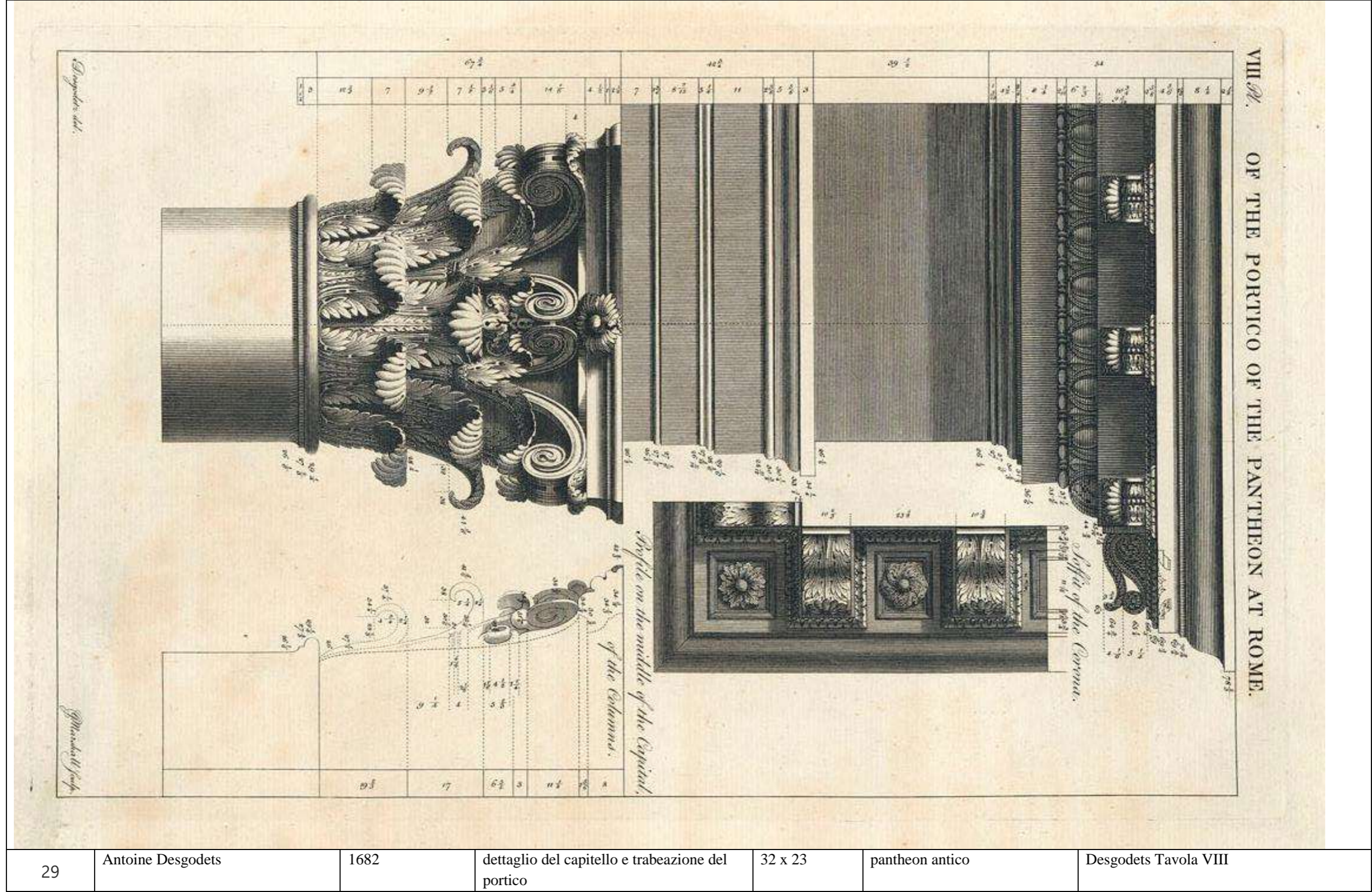
1682

sezione trasversale

64 x 23

pantheon antico

Desgodets Tavola VII



29

Antoine Desgodets

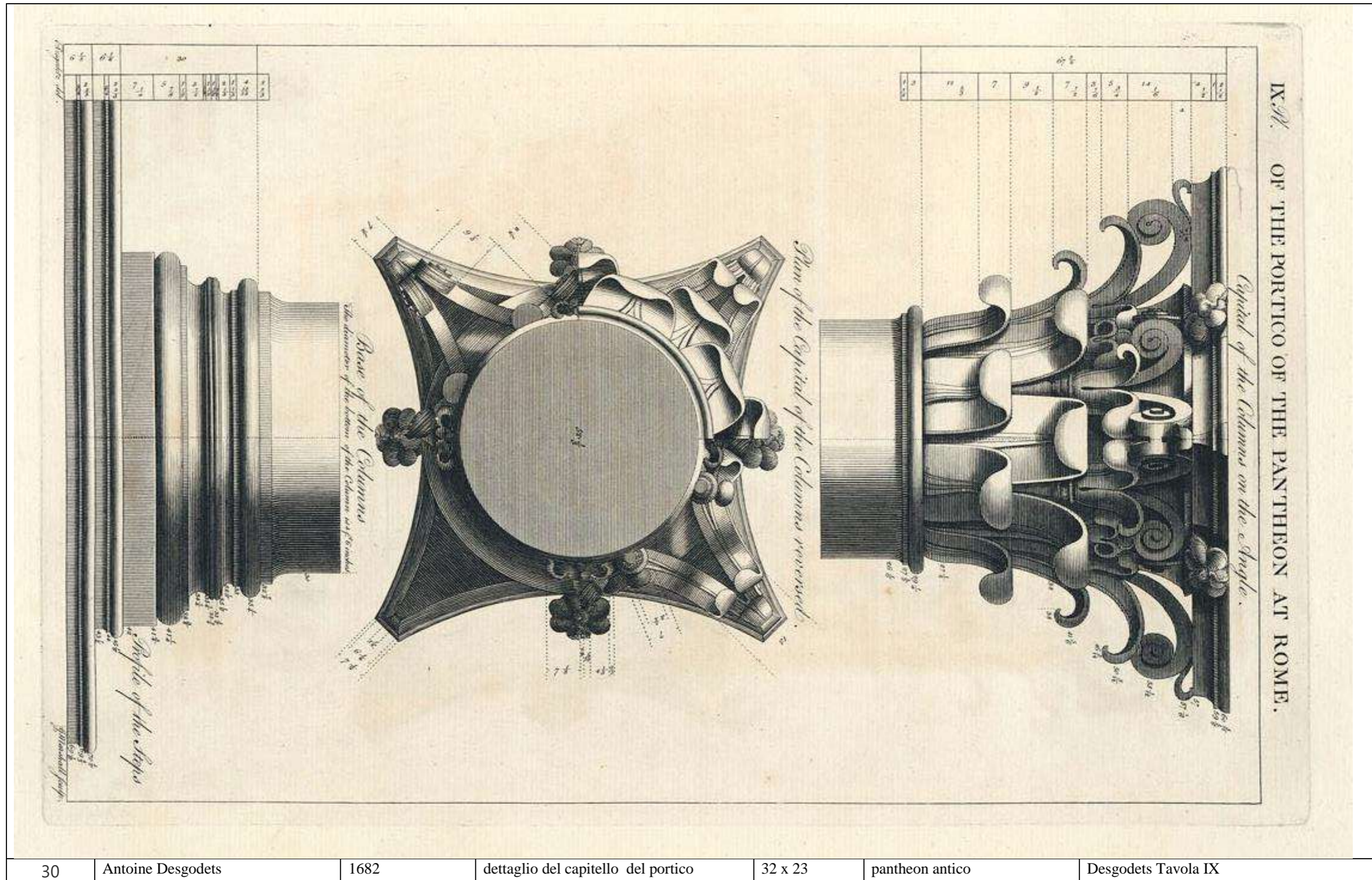
1682

dettaglio del capitello e trabeazione del portico

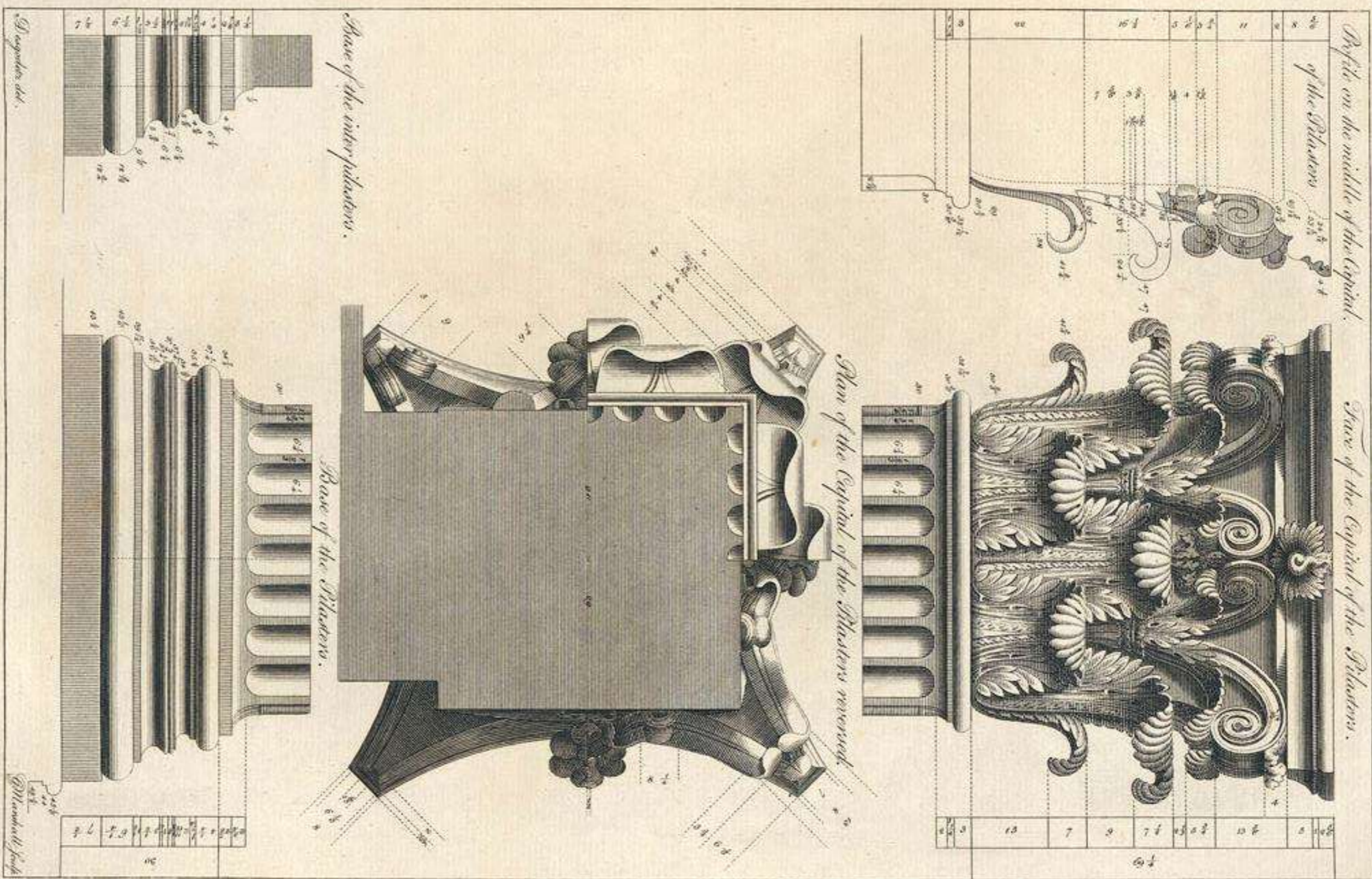
32 x 23

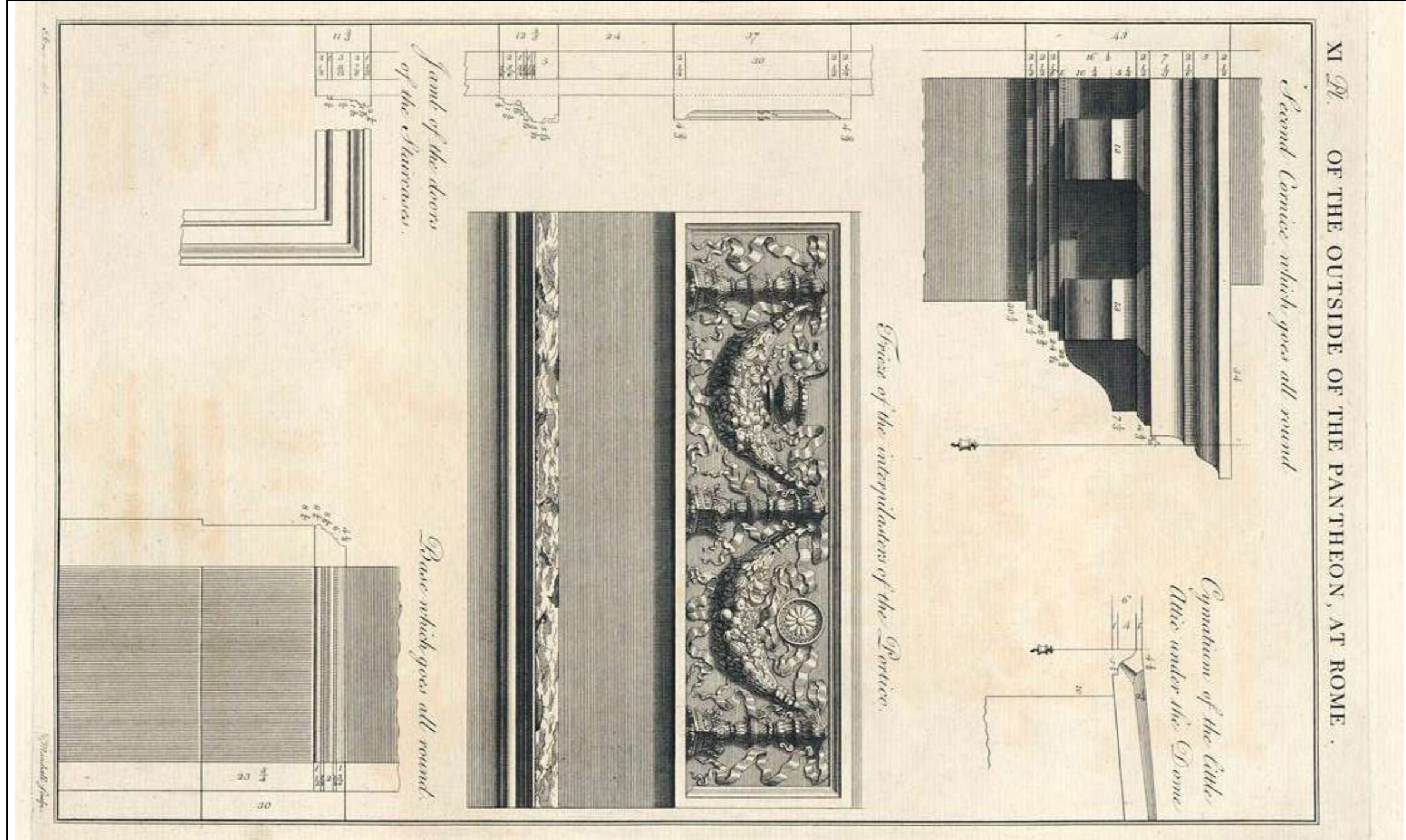
pantheon antico

Desgodets Tavola VIII

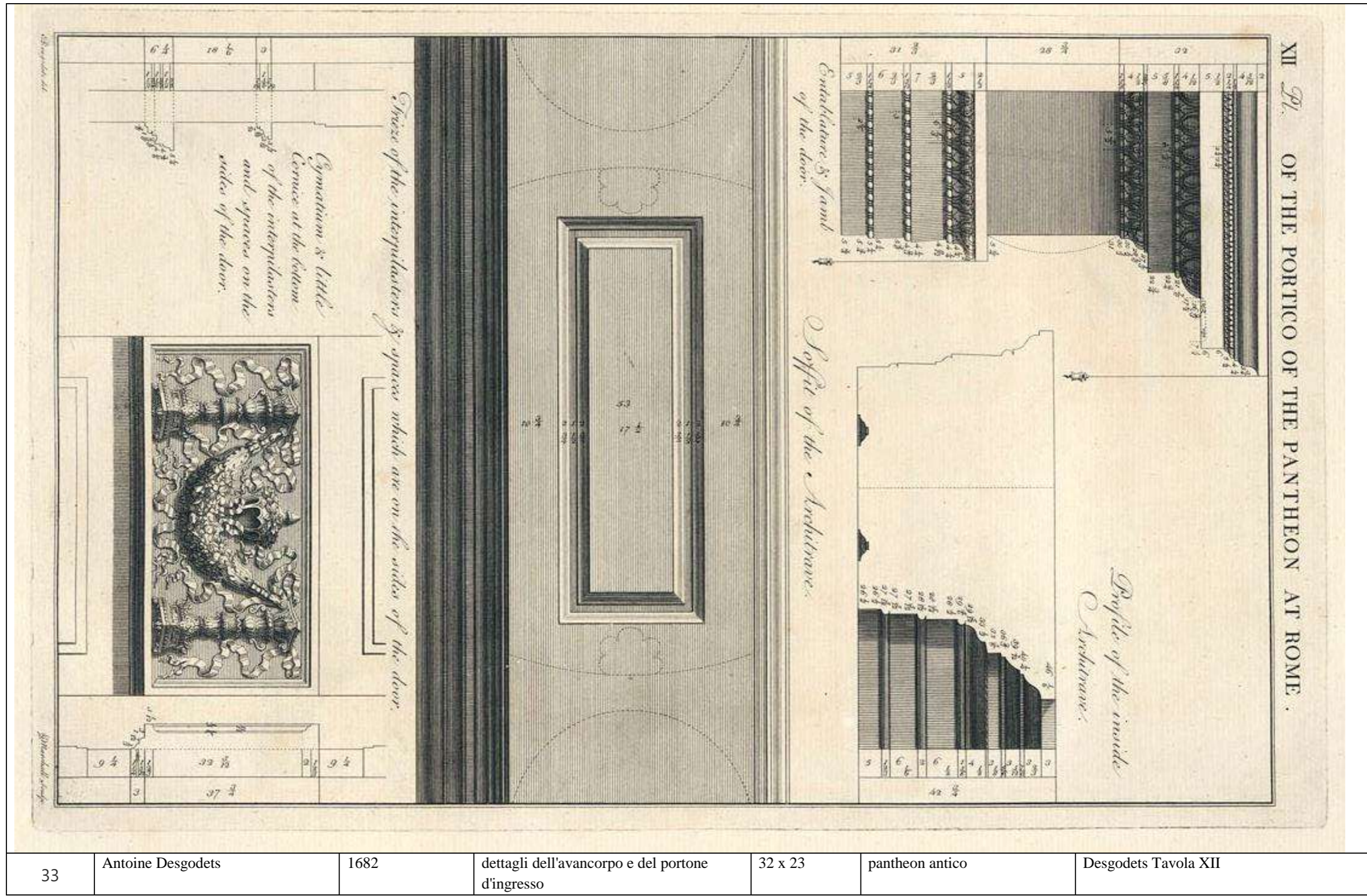


X. 21. OF THE PORTICO OF THE PANTHEON AT ROME.





32	Antoine Desgodets	1682	dettaglio di fregi e cornici del portico e dell'esterno	32 x 23	pantheon antico	Desgodets Tavola XI
----	-------------------	------	---	---------	-----------------	---------------------



33

Antoine Desgodets

1682

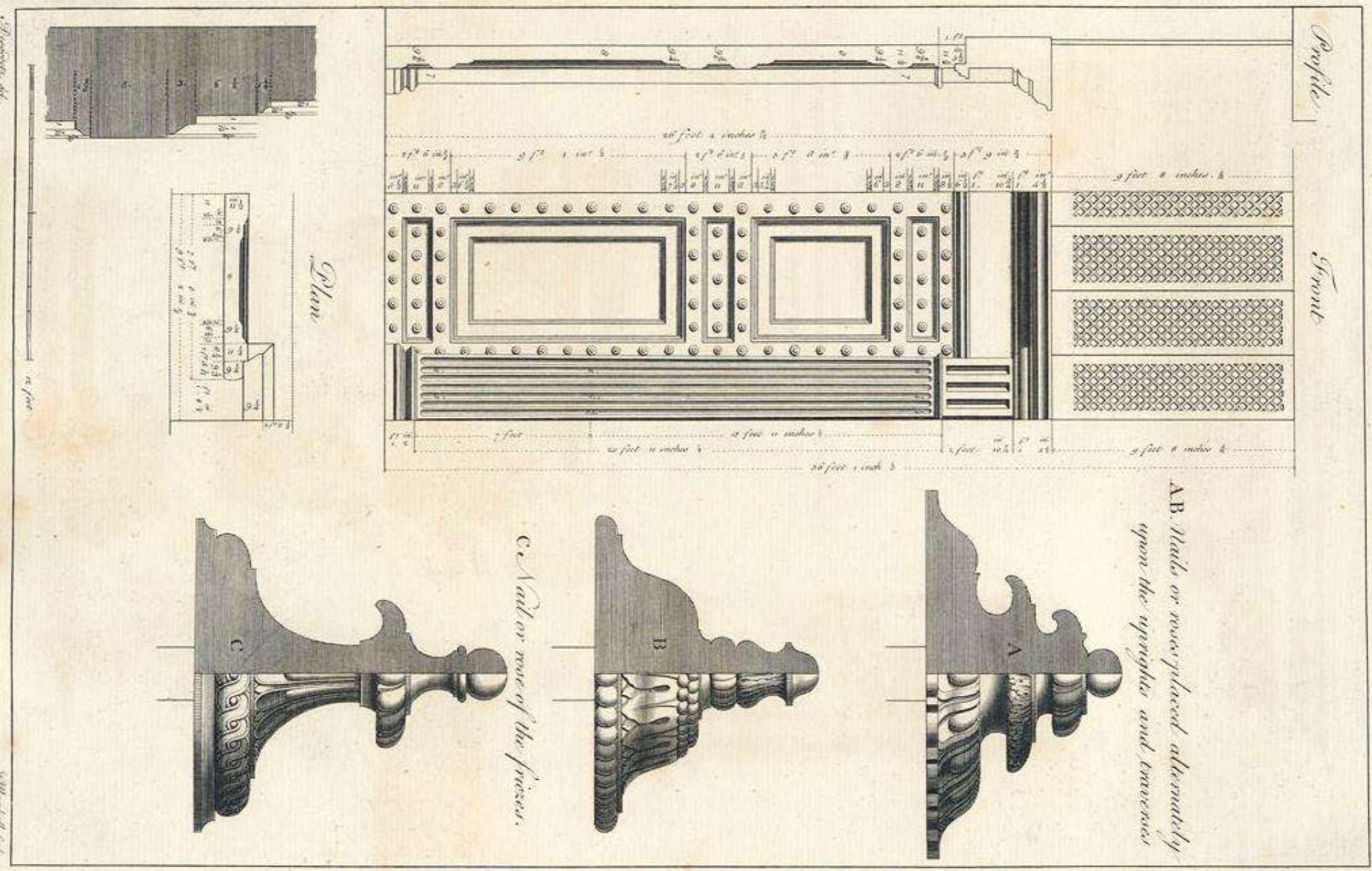
dettagli dell'avancorpo e del portone d'ingresso

32 x 23

pantheon antico

Desgodets Tavola XII

XIII. *Pl.* OF THE DOOR OF THE PANTHEON, AT ROME.



A.B. Nails or nails placed alternately upon the uprights and transoms.

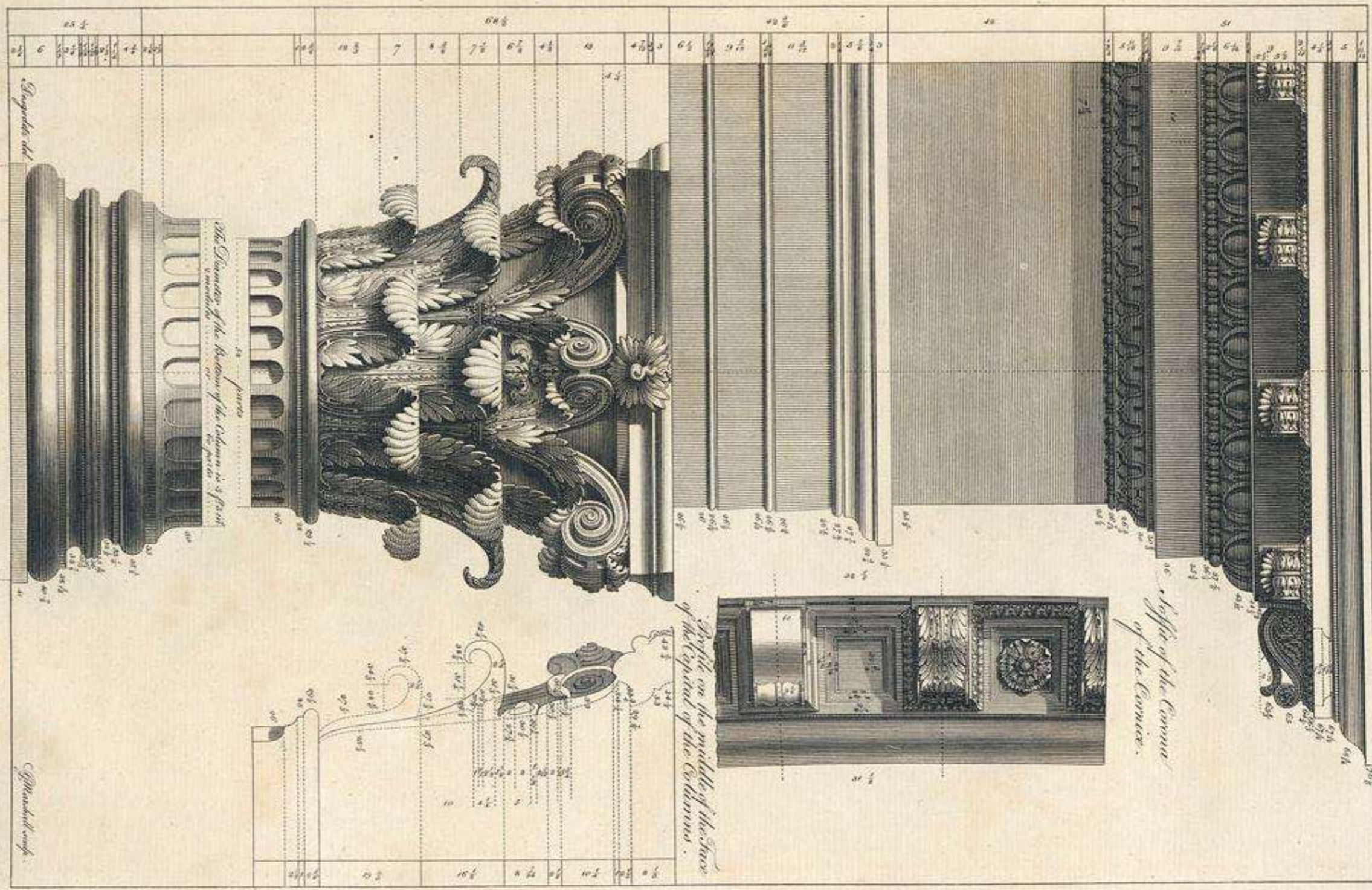
C Nail or more of the hinges.

Desgodets del.

W. Marshall sculp.

34	Antoine Desgodets	1682	dettagli del portone d'ingresso	32 x 23	pantheon antico	Desgodets Tavola XIII
----	-------------------	------	---------------------------------	---------	-----------------	-----------------------

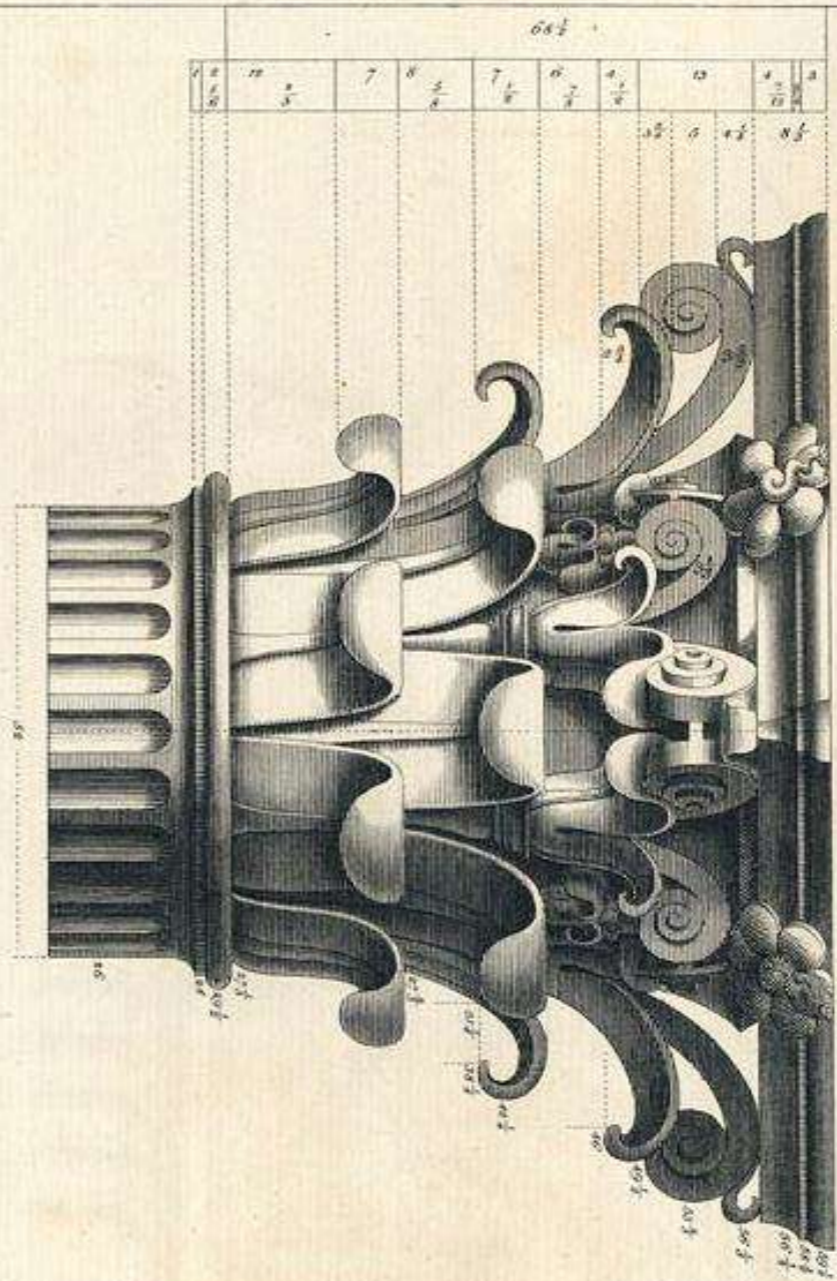
XIV
OF THE INSIDE OF THE PANTHEON AT ROME.



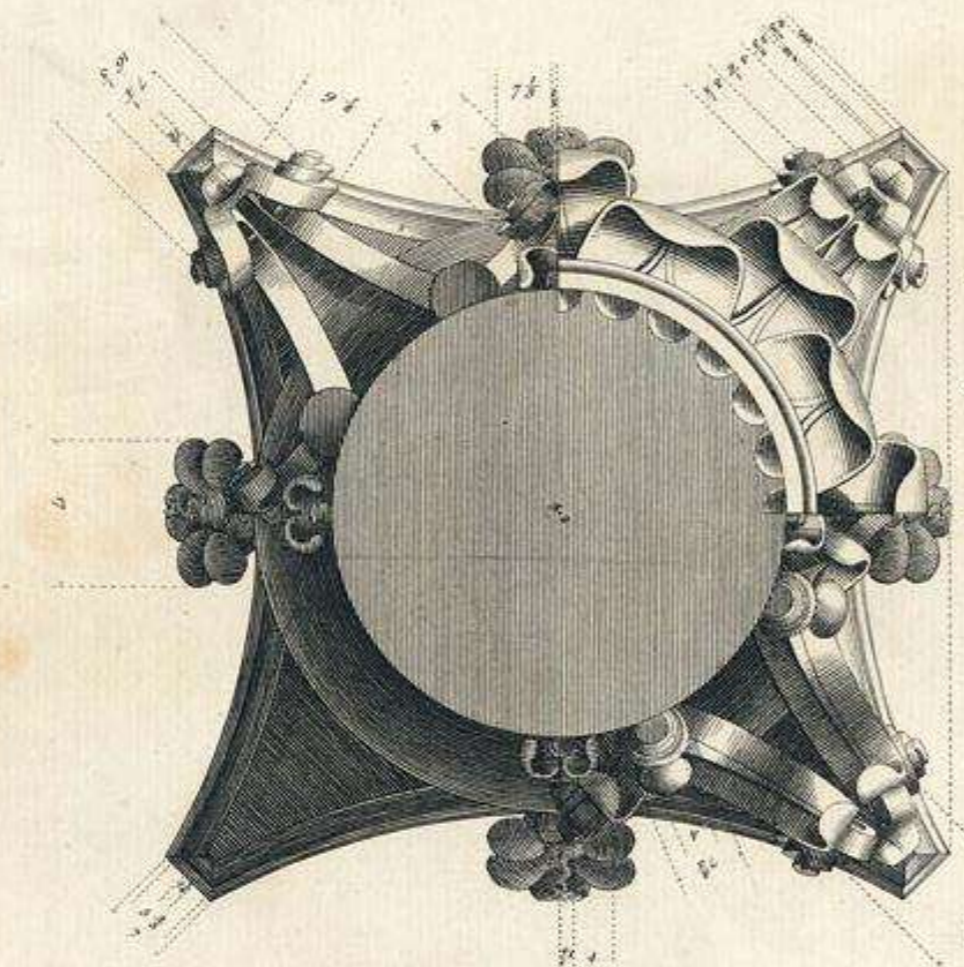
35 | Antoine Desgodets | 1682 | dettagli dell'ordine interno | 32 x 23 | pantheon antico | Desgodets Tavola XIV

XLV. OF THE INSIDE OF THE PANTHEON AT ROME.

Capital of the Columns drawn on the angle.



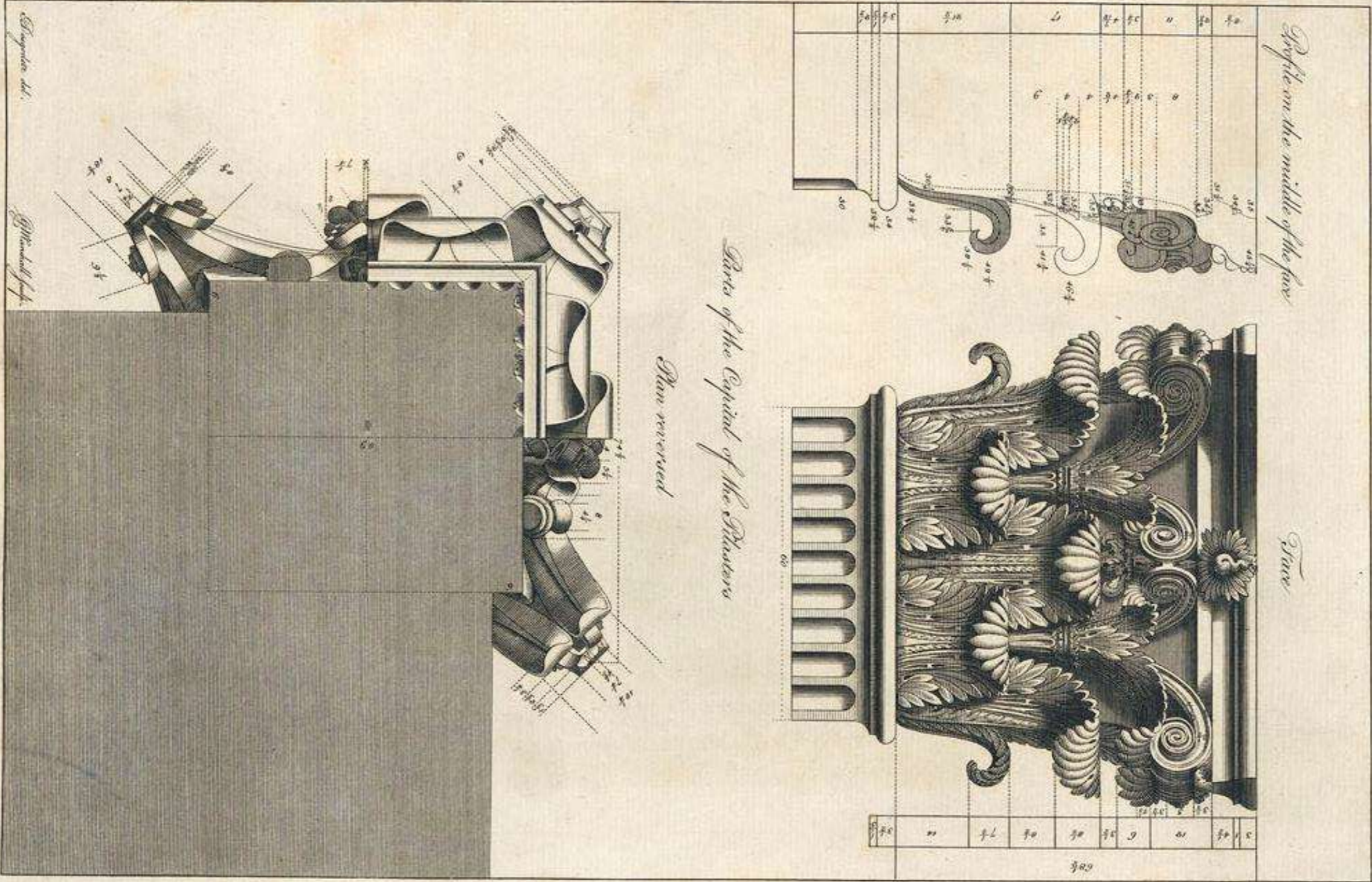
Plan of the Capital of the Columns reversed.



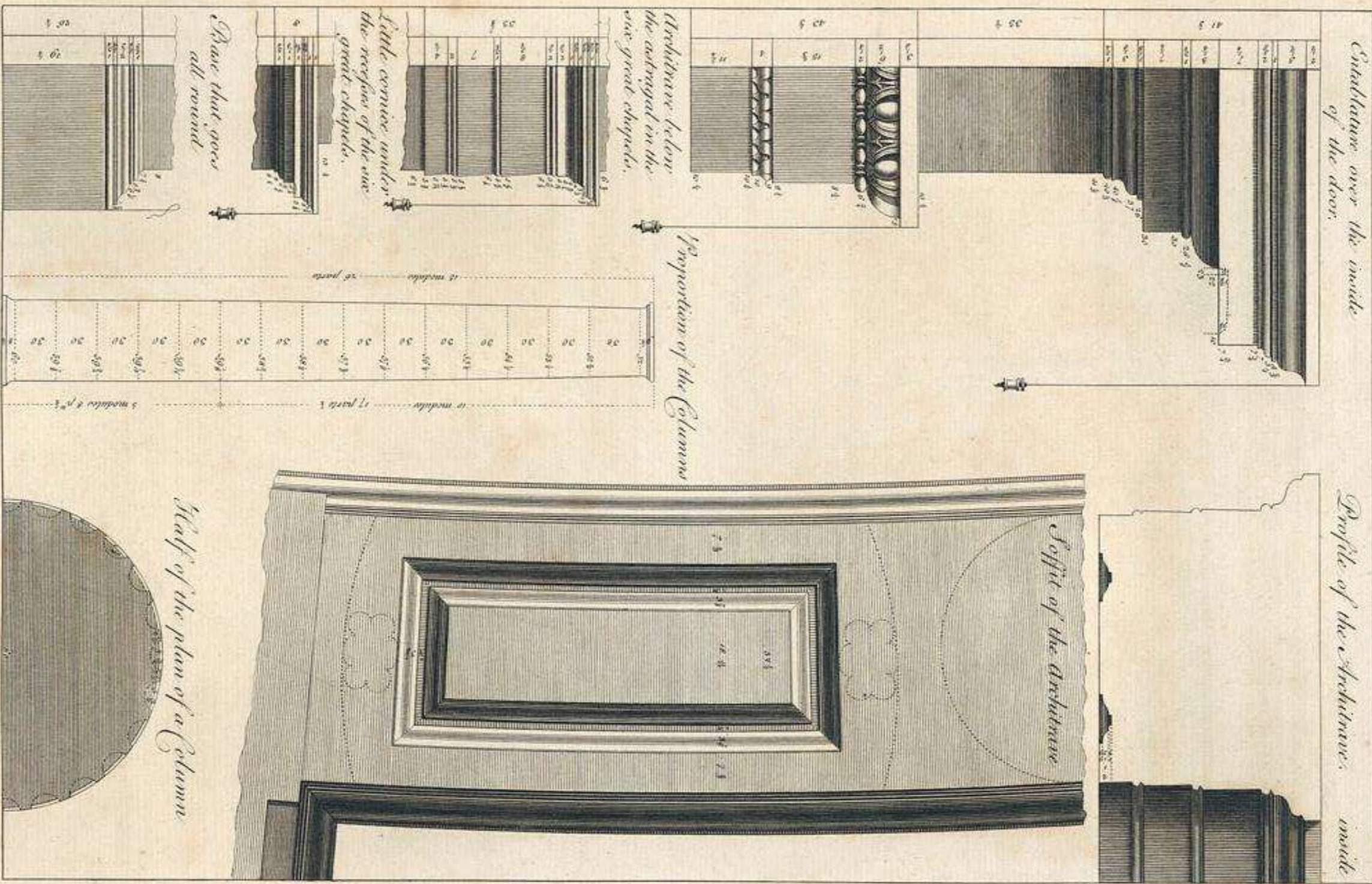
Desgodets del.

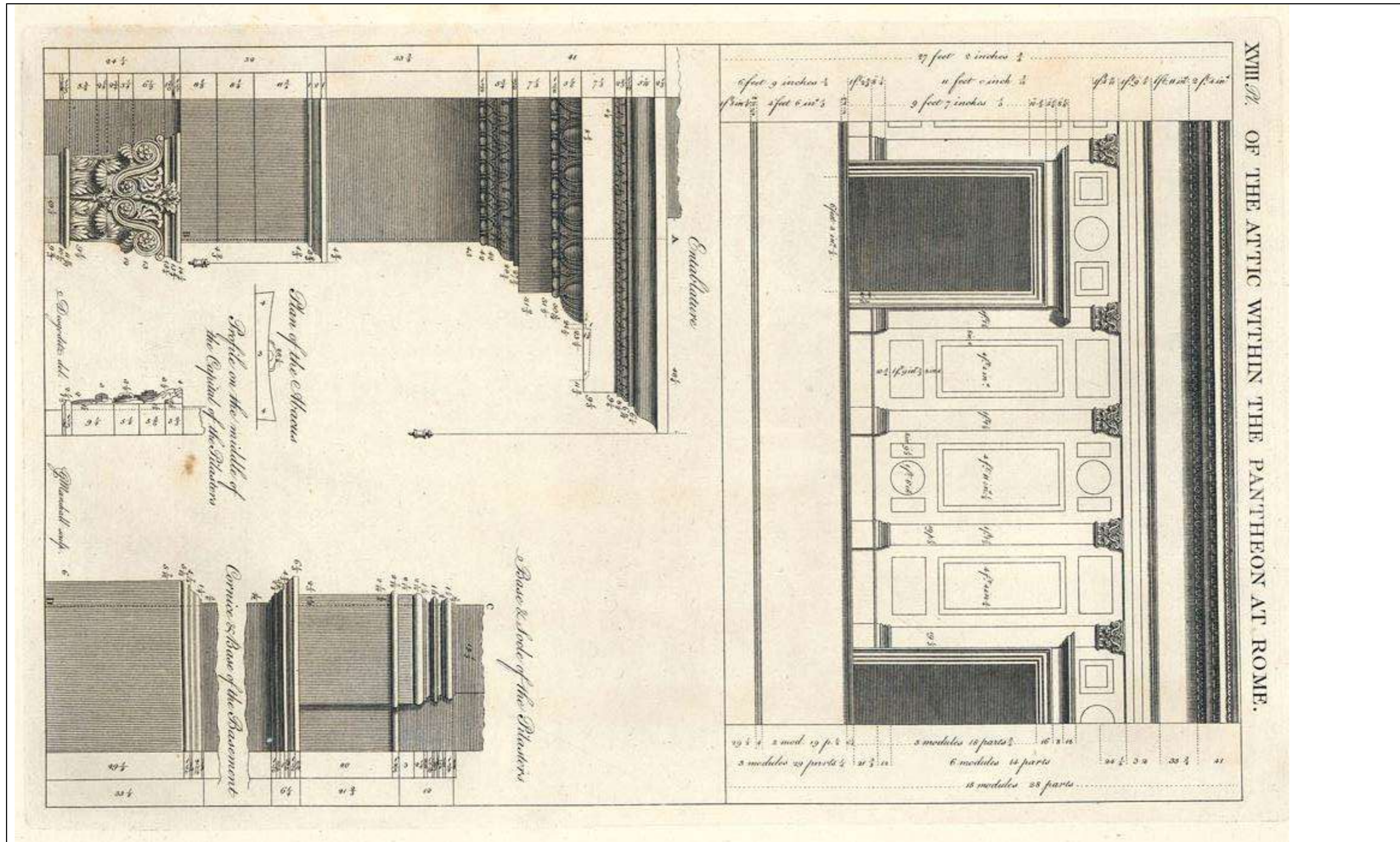
J. M. de la Haye sculp.

XVI *Pl.* OF THE INSIDE OF THE PANTHEON AT ROME.



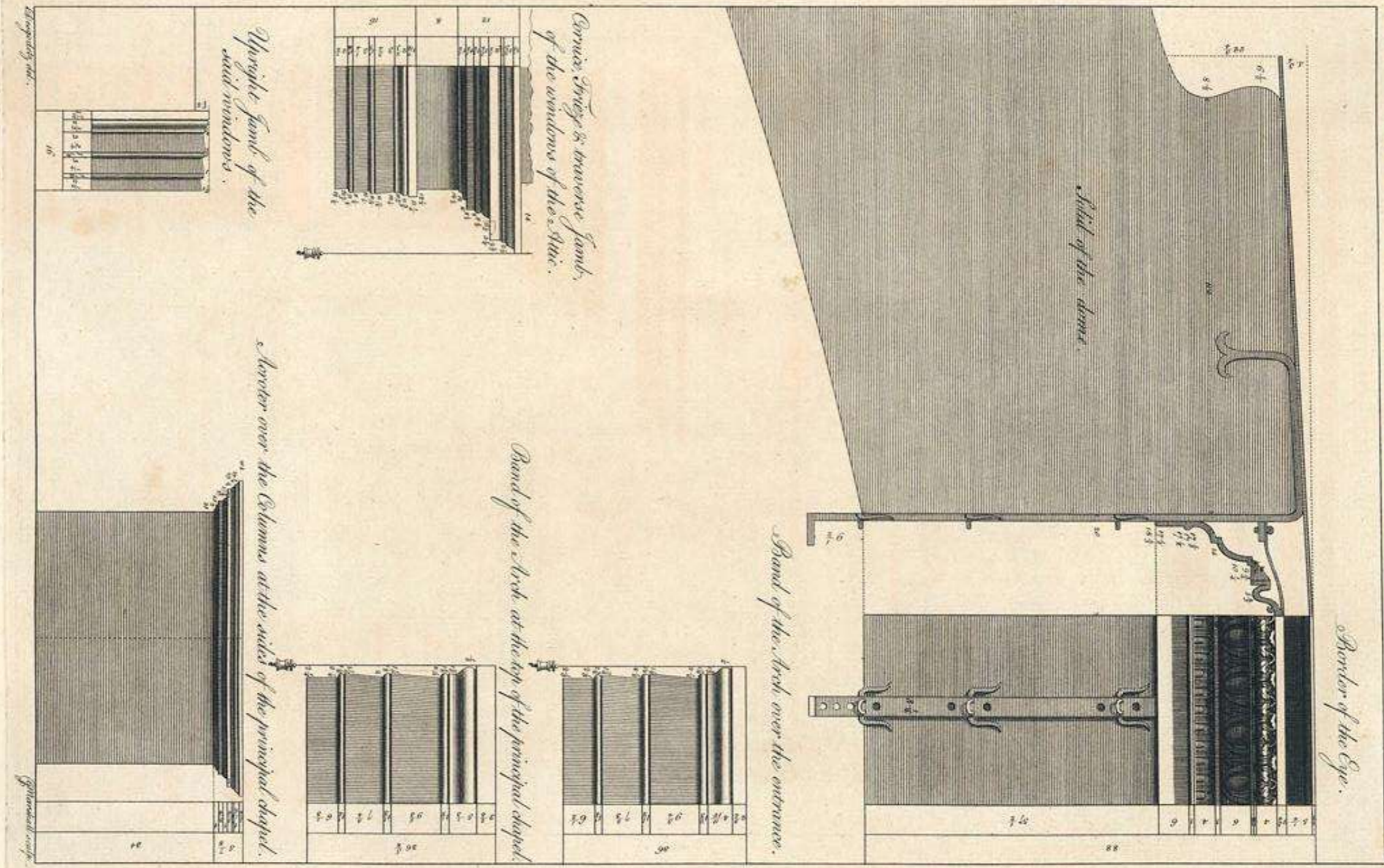
XVII Pl. OF THE INSIDE OF THE PANTHEON, AT ROME.



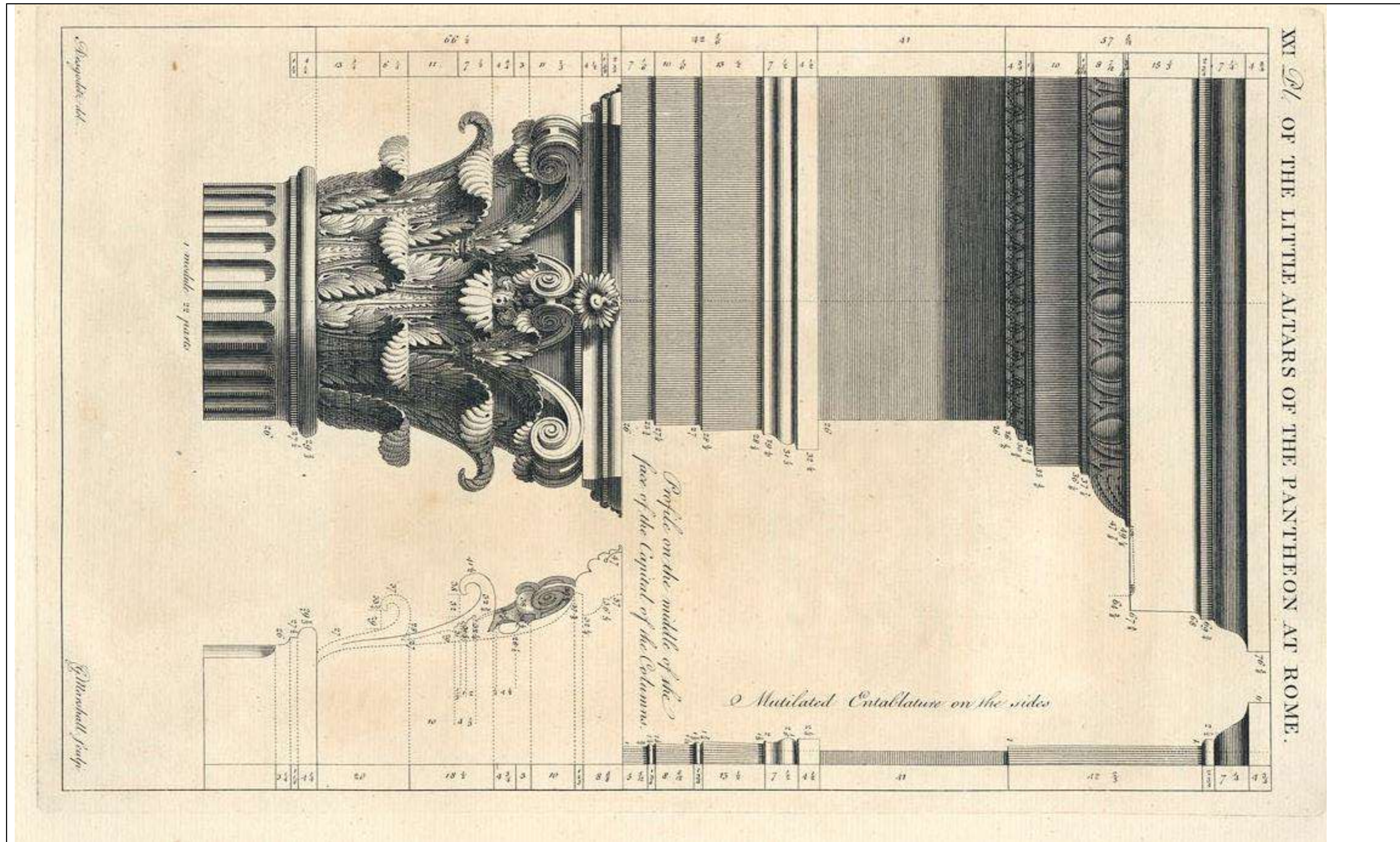


39	Antoine Desgodets	1682	attico del pantheon prospetto e dettagli di trabeazione	32 x 23	pantheon antico	Desgodets Tavola XVIII
----	-------------------	------	---	---------	-----------------	------------------------

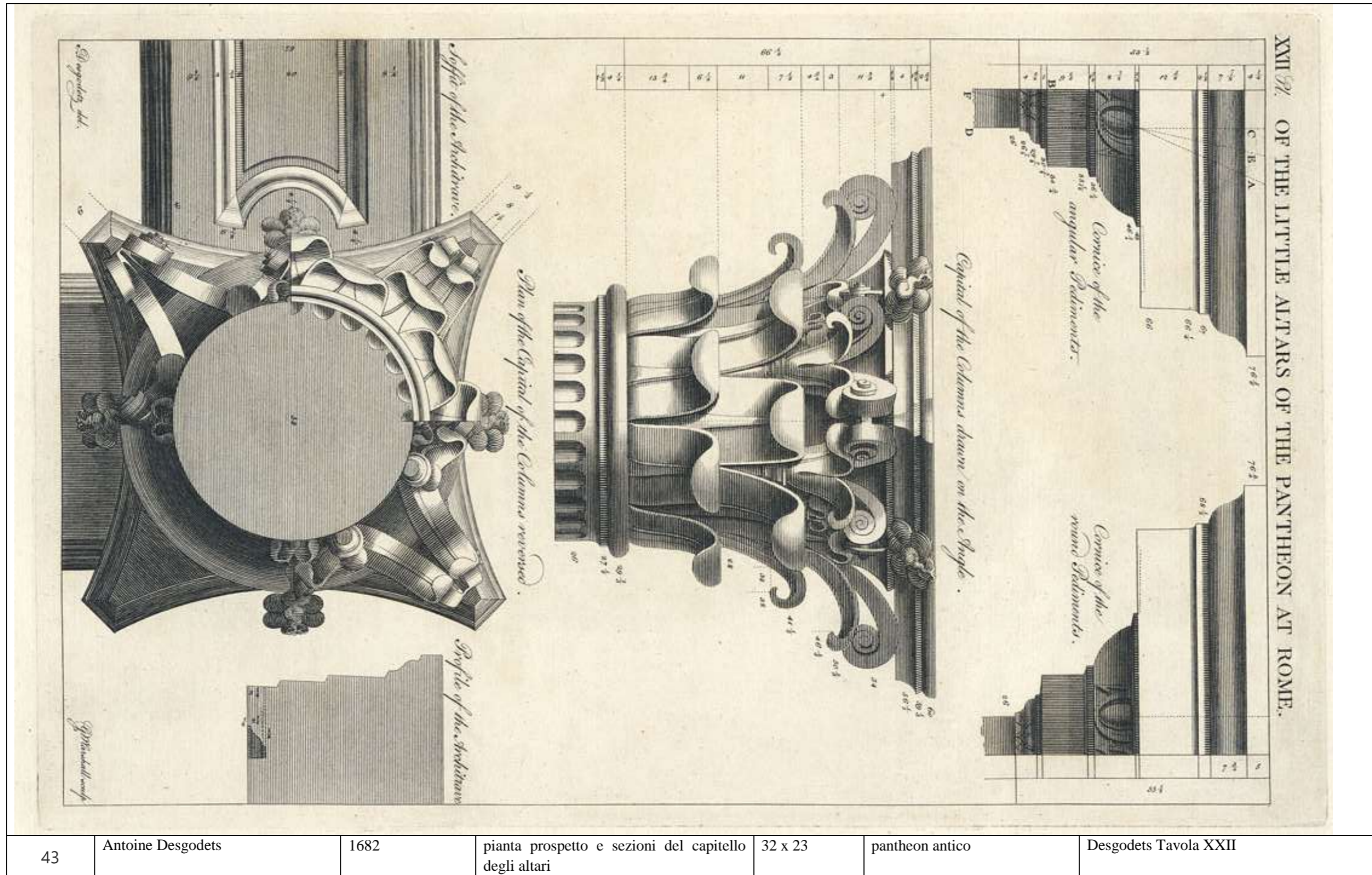
XIX. *N.* OF THE INSIDE OF THE PANTHEON AT ROME.



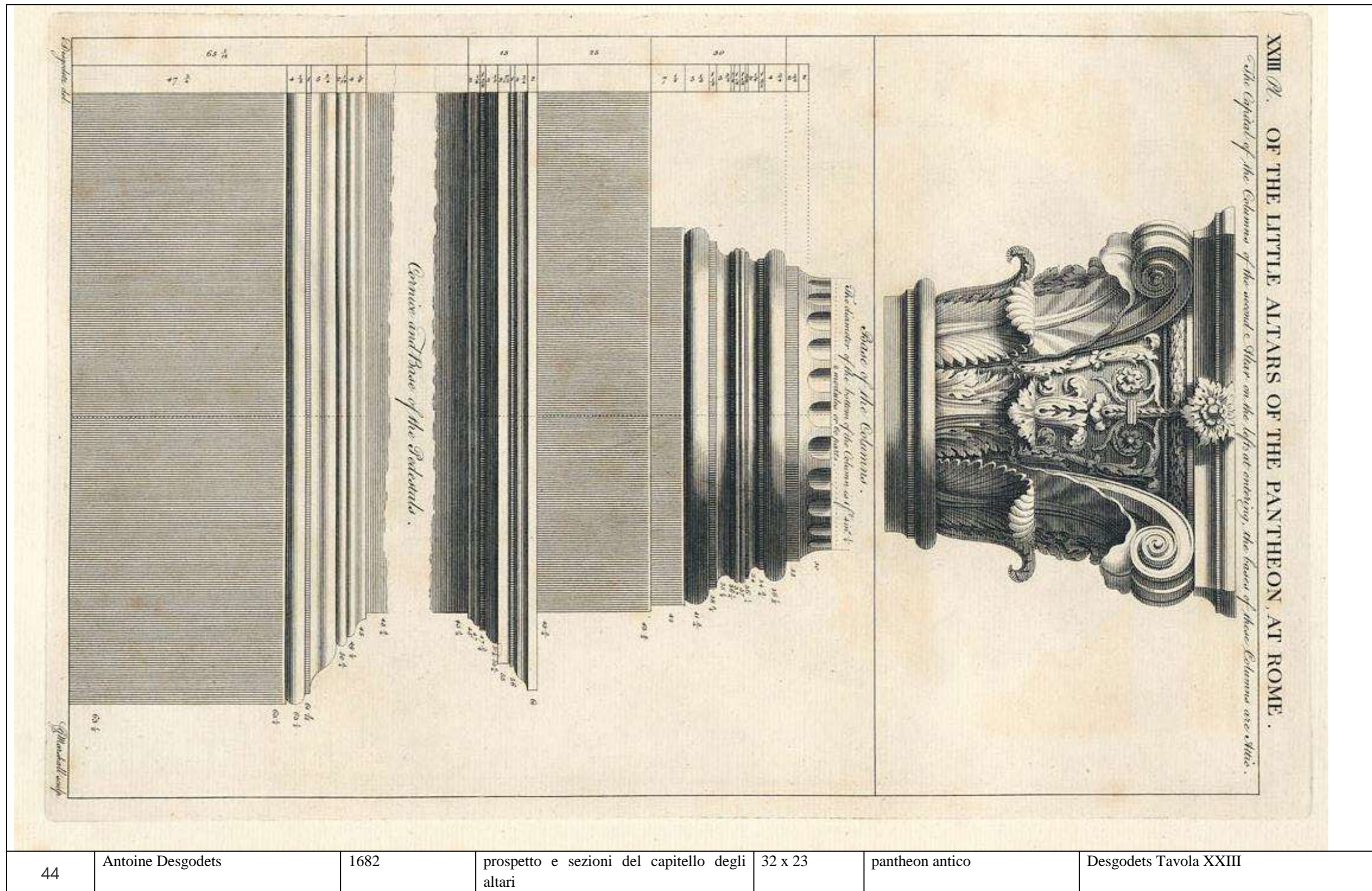
40	Antoine Desgodets	1682	oculo e finestre dell'attico, sezione e prospetto di modanature	32 x 23	pantheon antico	Desgodets Tavola XIX
----	-------------------	------	---	---------	-----------------	----------------------



42	Antoine Desgodets	1682	sezione e prospetto del capitello e trabeazione degli altari	32 x 23	pantheon antico	Desgodets Tavola XXI
----	-------------------	------	--	---------	-----------------	----------------------



43	Antoine Desgodets	1682	pianta prospetto e sezioni del capitello degli altari	32 x 23	pantheon antico	Desgodets Tavola XXII
----	-------------------	------	---	---------	-----------------	-----------------------



44

Antoine Desgodets

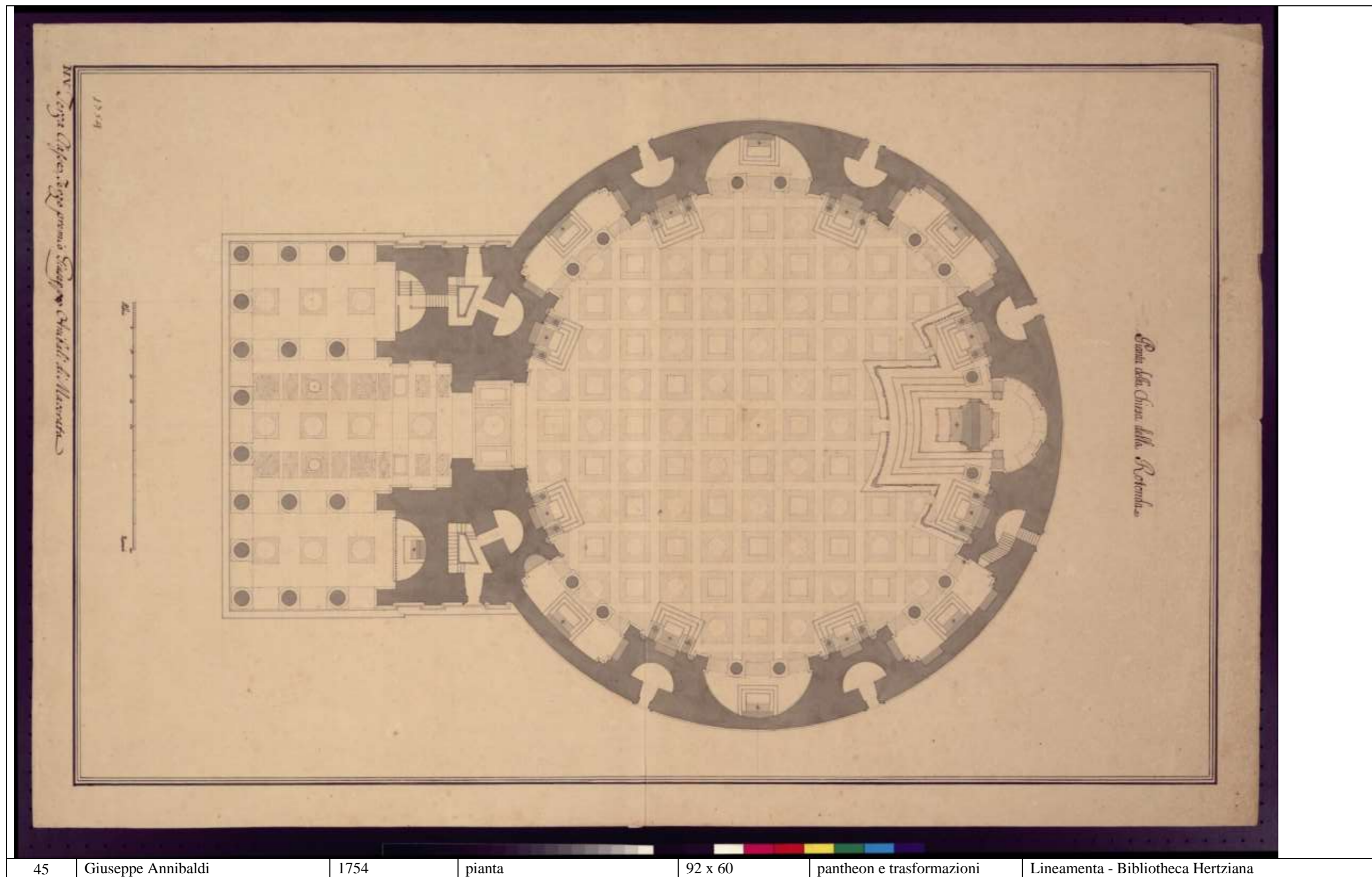
1682

prospetto e sezioni del capitello degli altari

32 x 23

pantheon antico

Desgodets Tavola XXIII



45

Giuseppe Annibaldi

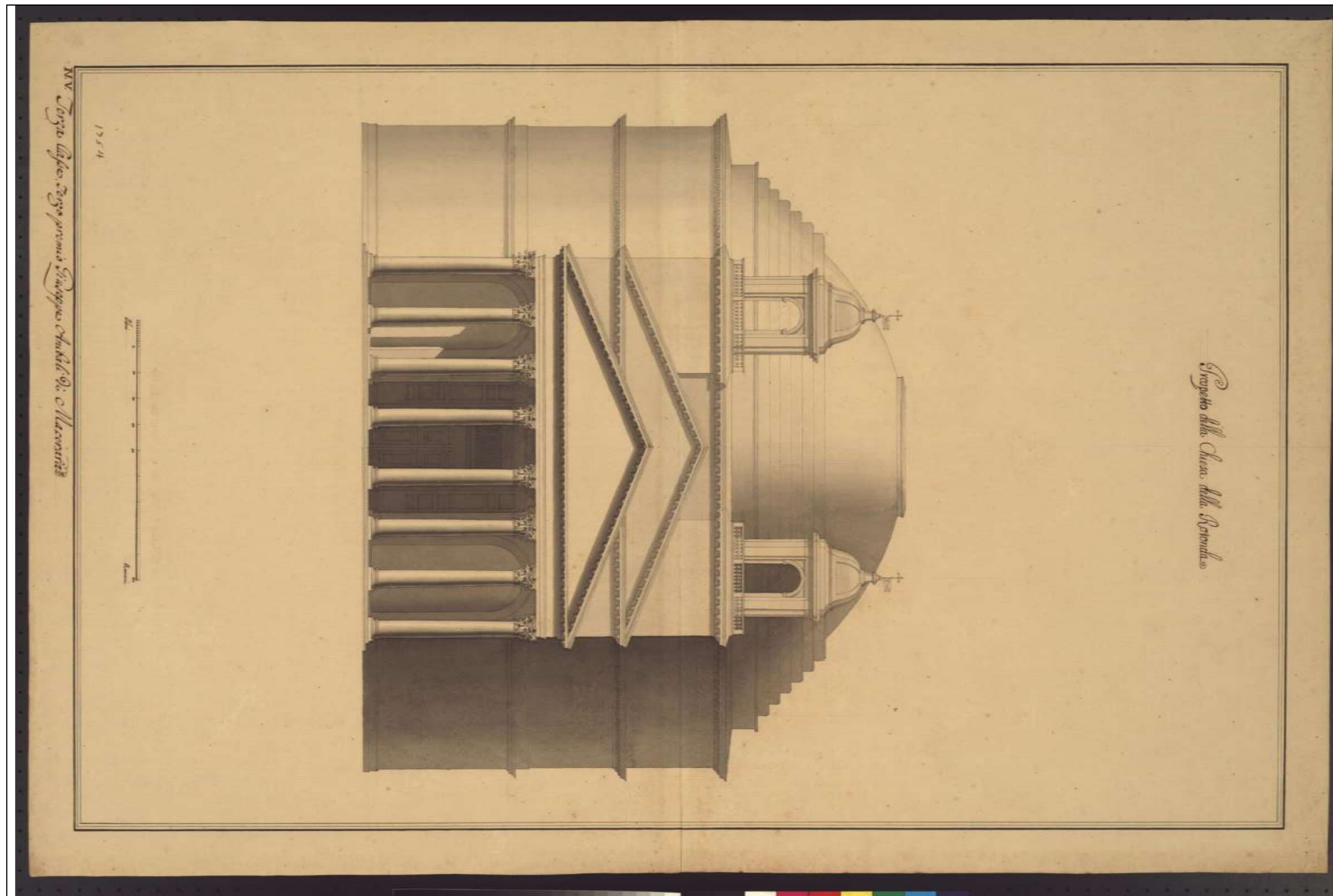
1754

pianta

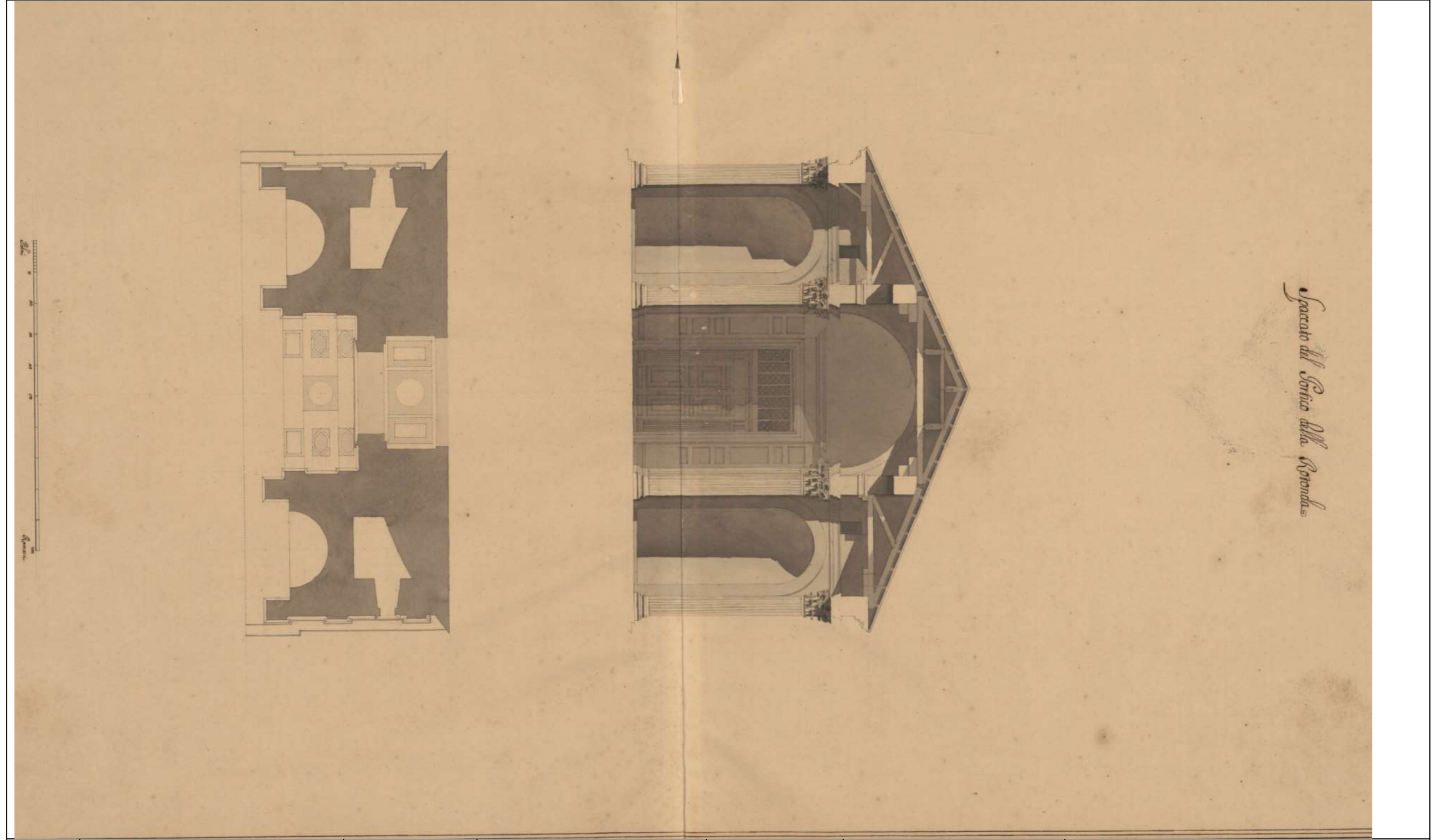
92 x 60

pantheon e trasformazioni

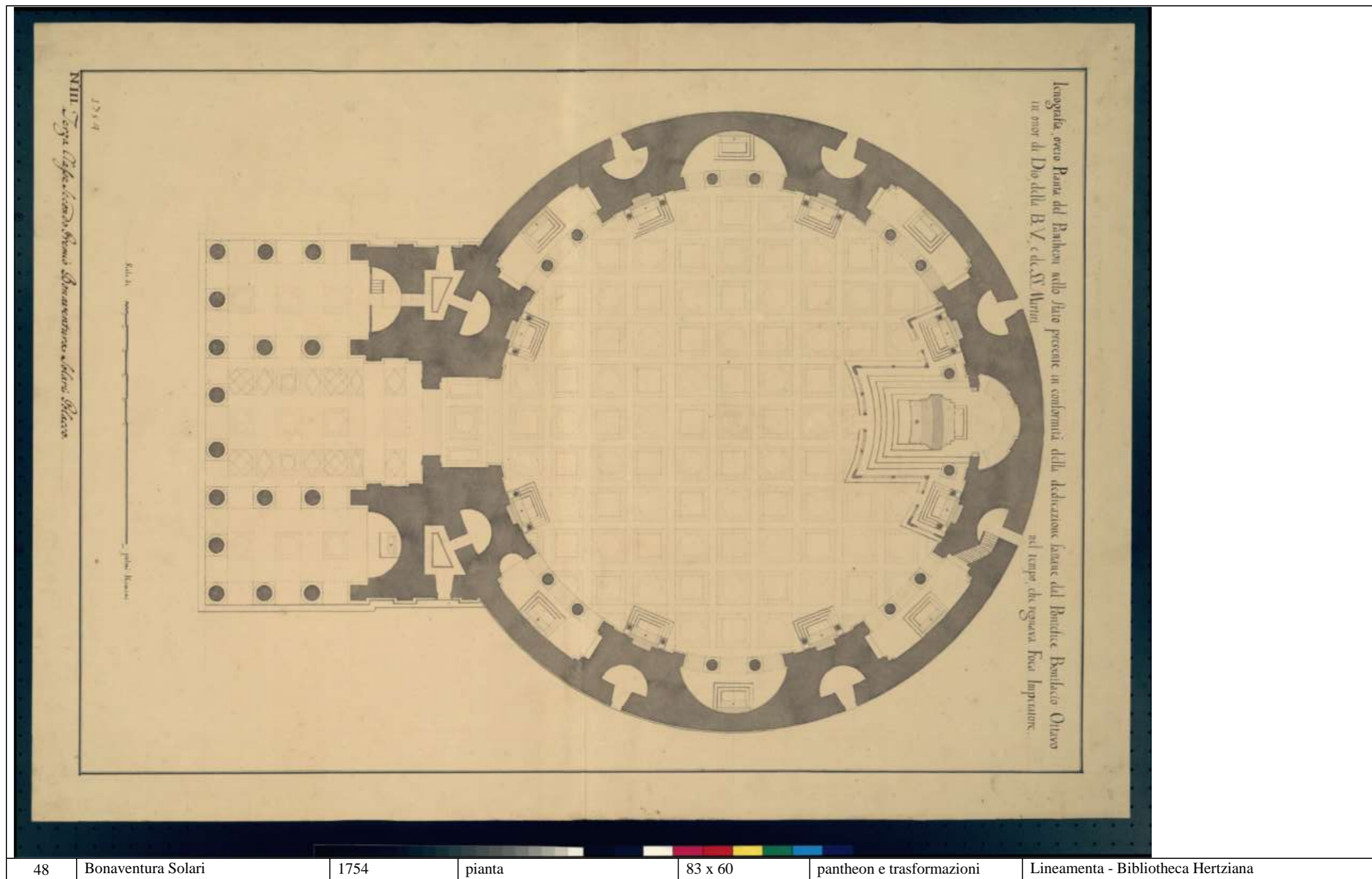
Lineamenta - Bibliotheca Hertziana



46	Giuseppe Annibaldi	1754	prospetto nord	92 x 60	pantheon e trasformazioni	Lineamenta - Bibliotheca Hertziana
----	--------------------	------	----------------	---------	---------------------------	------------------------------------



47	Giuseppe Annibaldi	1754	sezione verticale del portico	92 x 60	pantheon e trasformazioni	Lineamenta - Bibliotheca Hertziana
----	--------------------	------	-------------------------------	---------	---------------------------	------------------------------------



48

Bonaventura Solari

1754

pianta

83 x 60

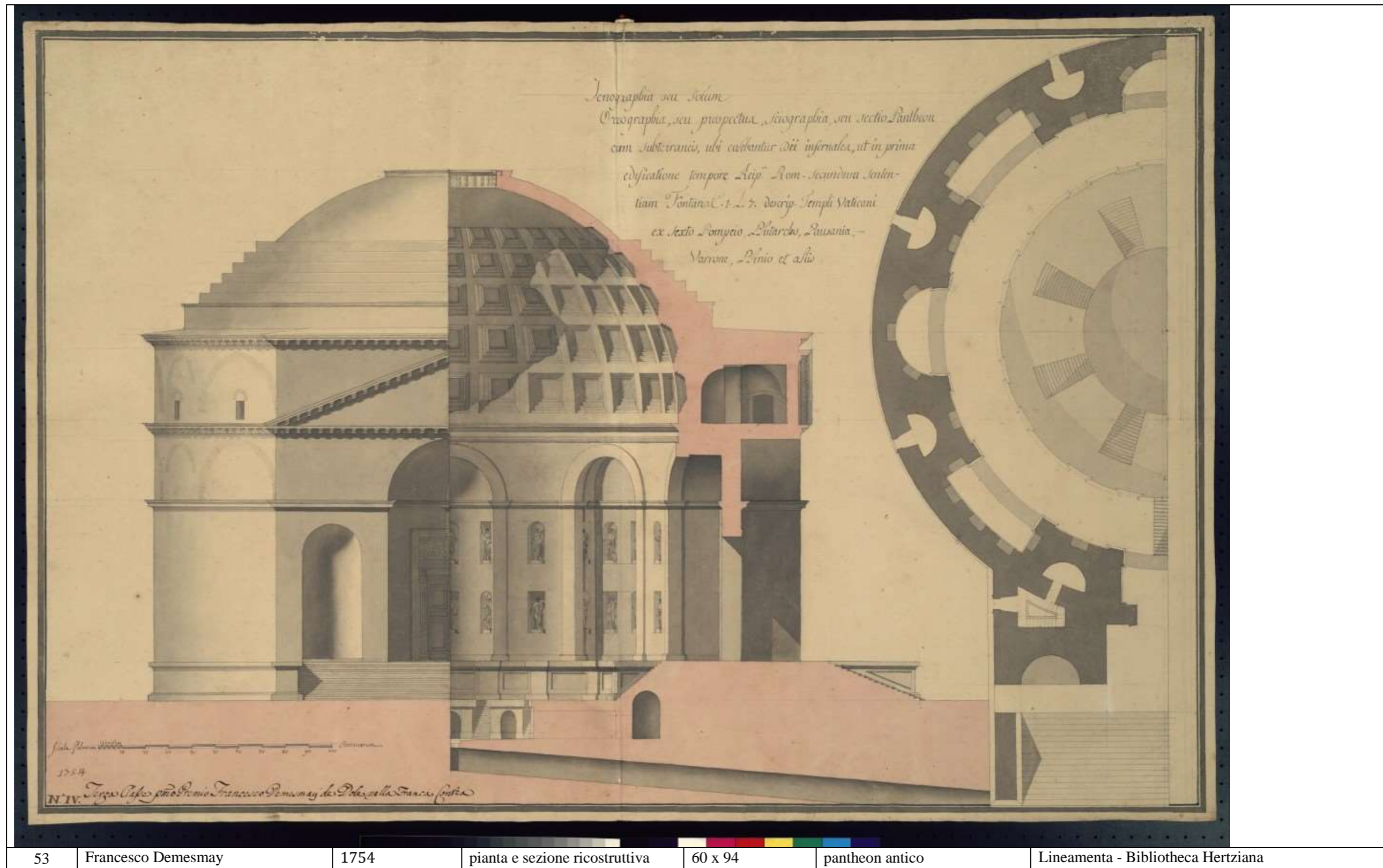
pantheon e trasformazioni

Lineamenta - Bibliotheca Hertziana





51	Bonaventura Solari		stralcio di sezione longitudinale e sezione verticale del portico	60 x 83	pantheon e trasformazioni	Lineamenta - Bibliotheca Hertziana
----	--------------------	--	---	---------	---------------------------	------------------------------------



53

Francesco Demesmay

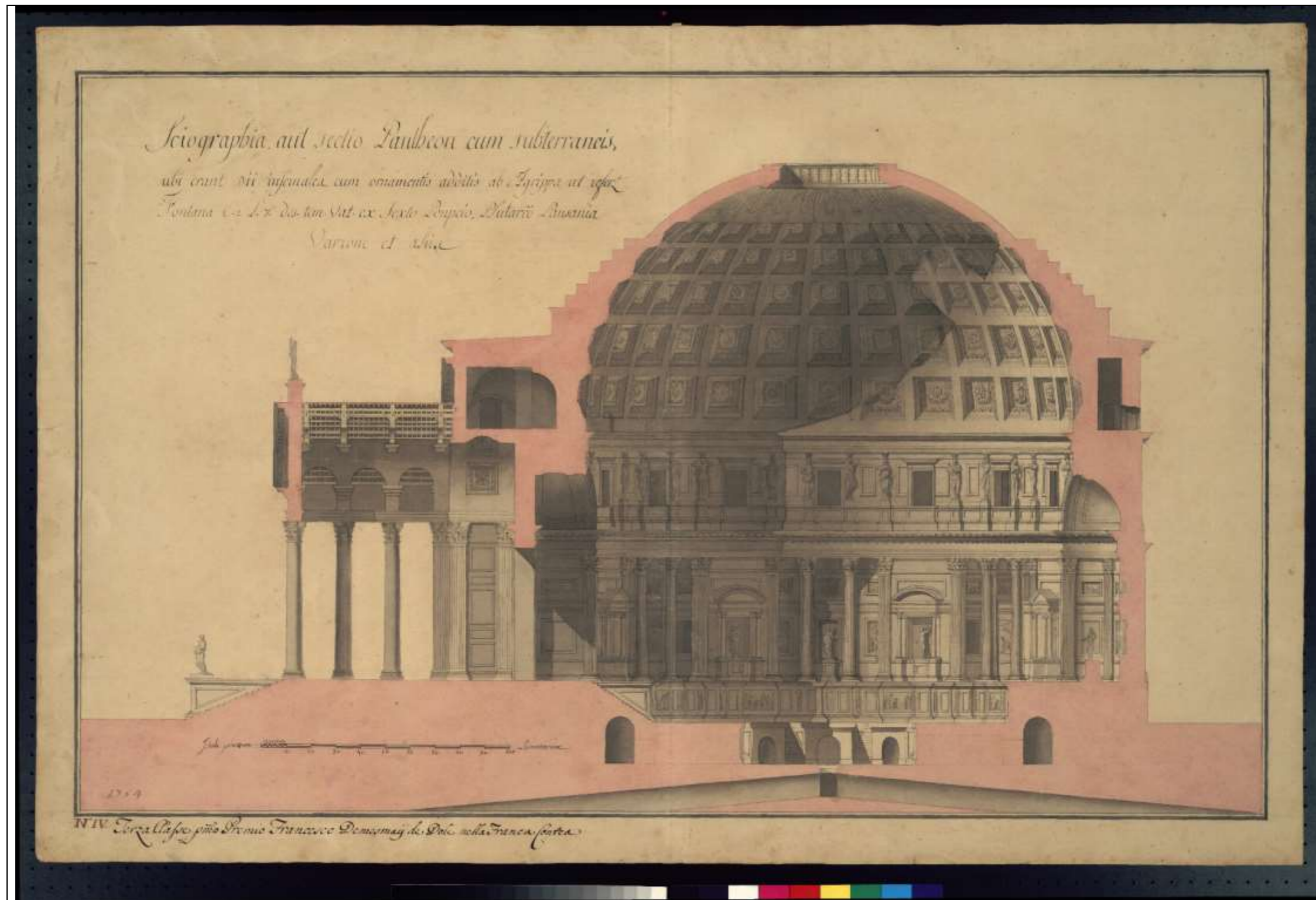
1754

pianta e sezione ricostruttiva

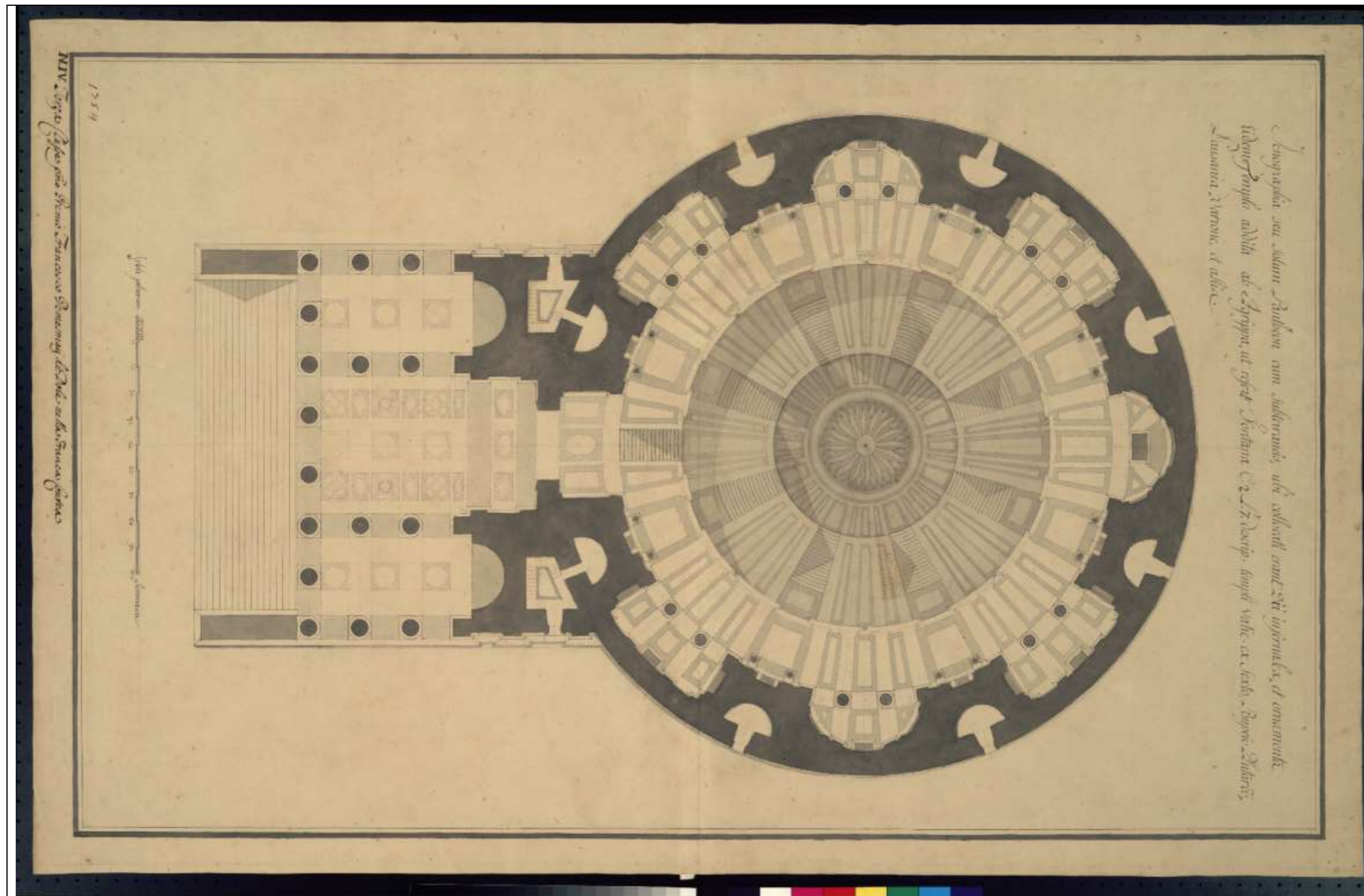
60 x 94

pantheon antico

Lineamenta - Bibliotheca Hertziana



54	Francesco Demesmay	1754	sezione ricostruttiva	longitudinale	60 x 94	pantheon antico	Lineamenta - Bibliotheca Hertziana
----	--------------------	------	--------------------------	---------------	---------	-----------------	------------------------------------



55

Francesco Demesmay

1754

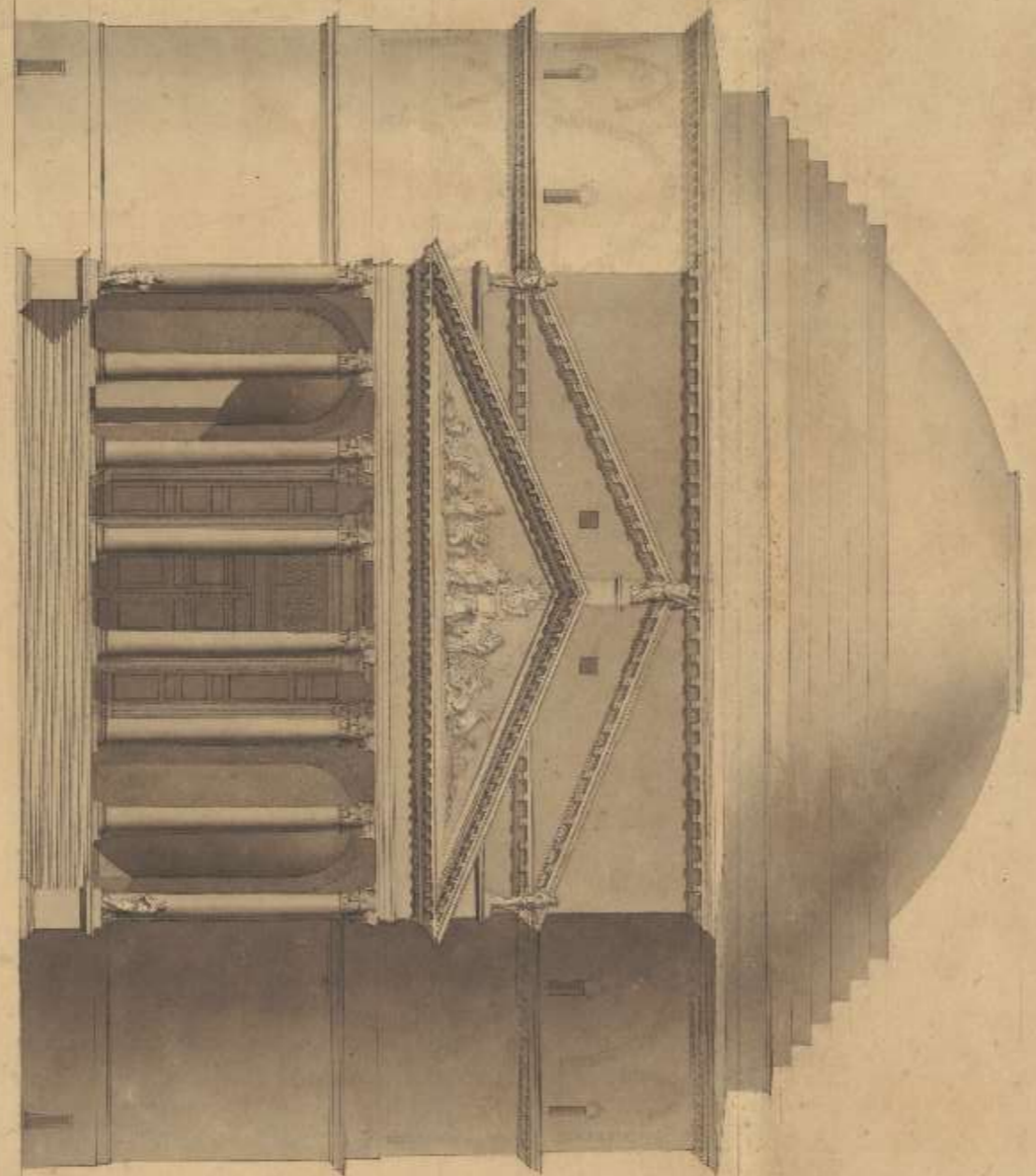
pianta ricostruttiva

60 x 94

pantheon antico

Lineamenta - Bibliotheca Hertziana

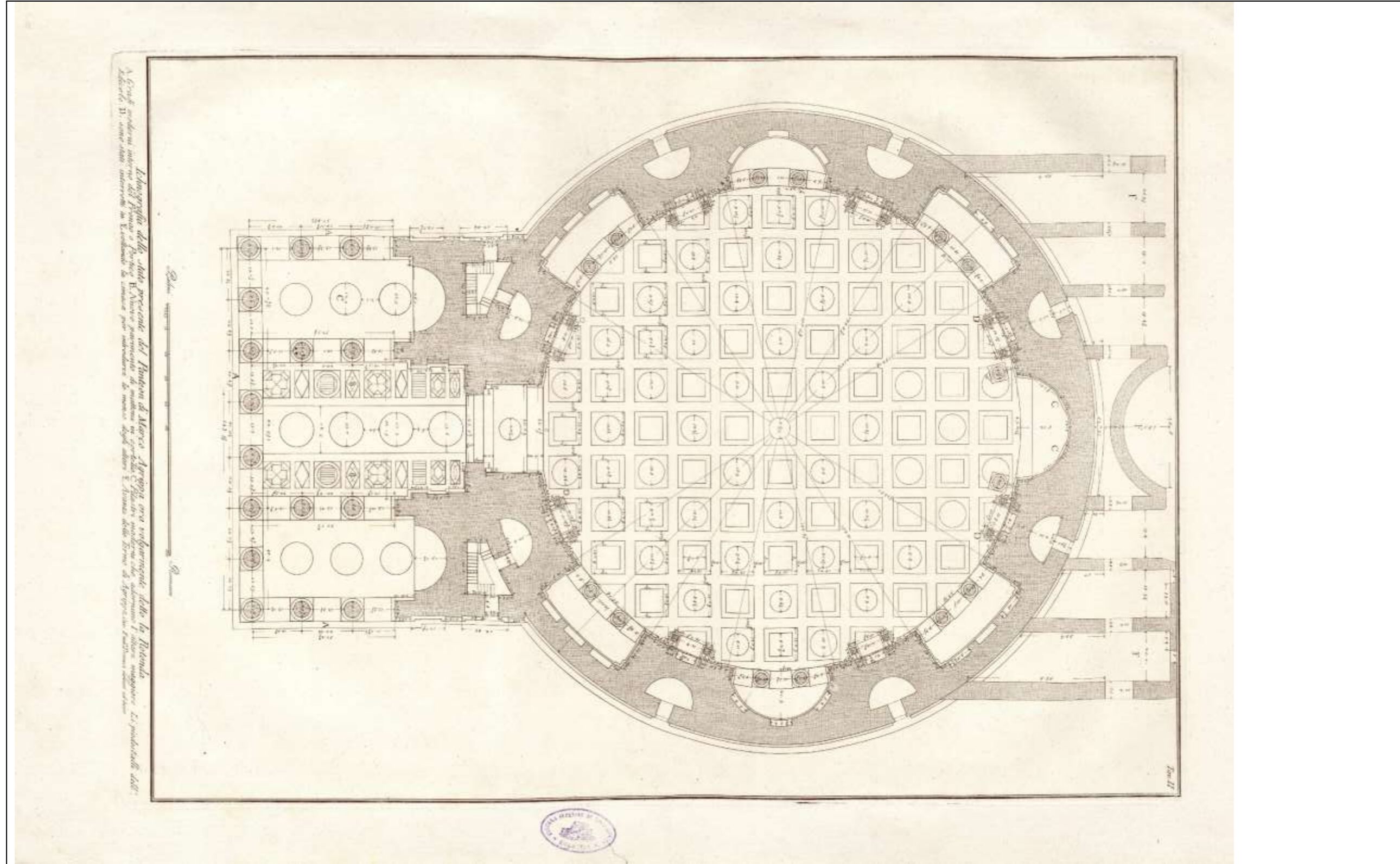
L'ibogografia dell'antico Pantheon cum subterraneis ubi
 erant sibi infernalia, et ornamenta admodum spectanda ab Architecto, et
 Scultore Casp. Joh. Nodding, Pictore, Pictore, Pictore
 Pictore, et aliorum



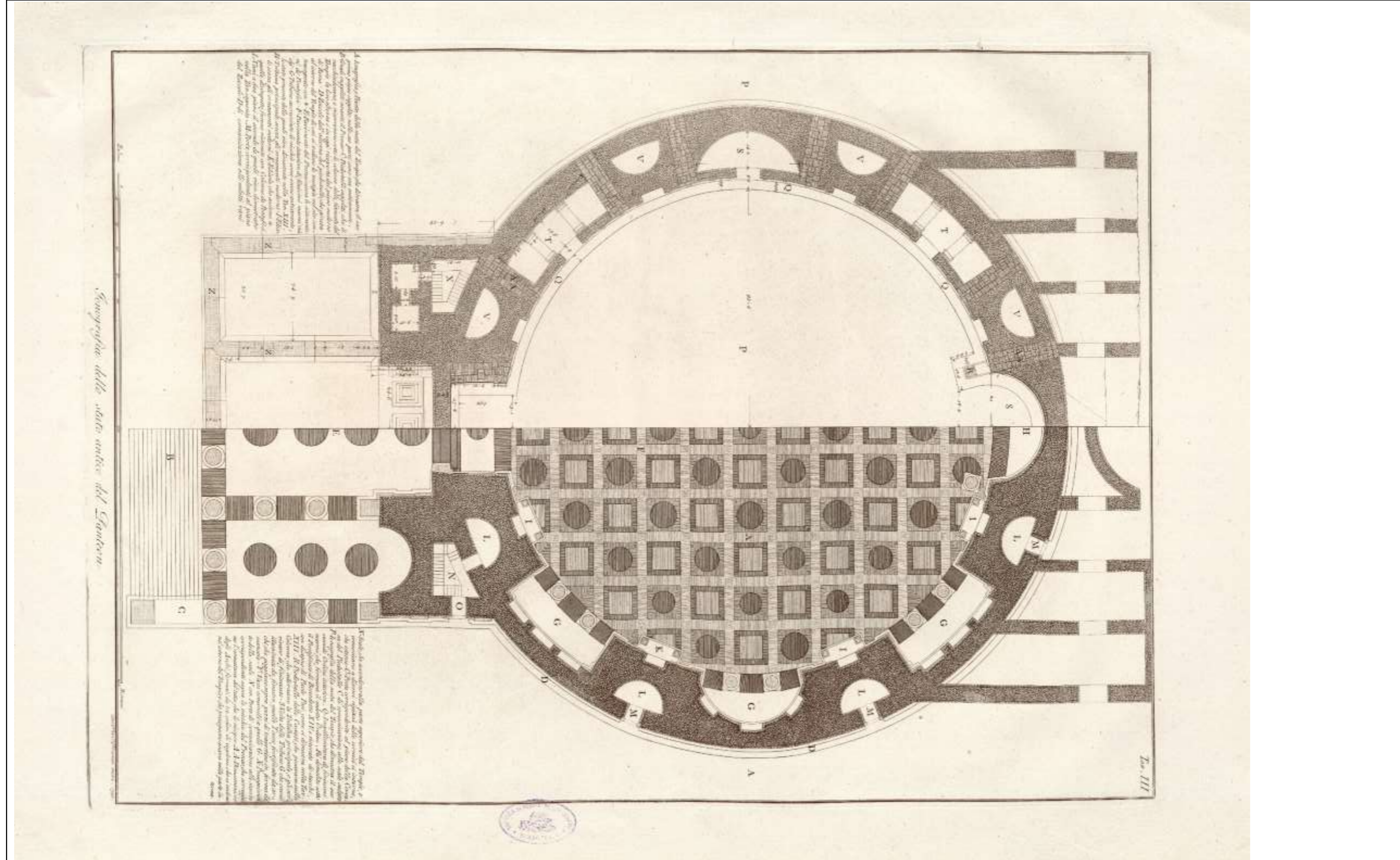
Scala per unum cubitum
 10
 20
 30
 40
 50
 60
 70
 80
 90
 100
 110
 120
 130
 140
 150
 160
 170
 180
 190
 200

1754

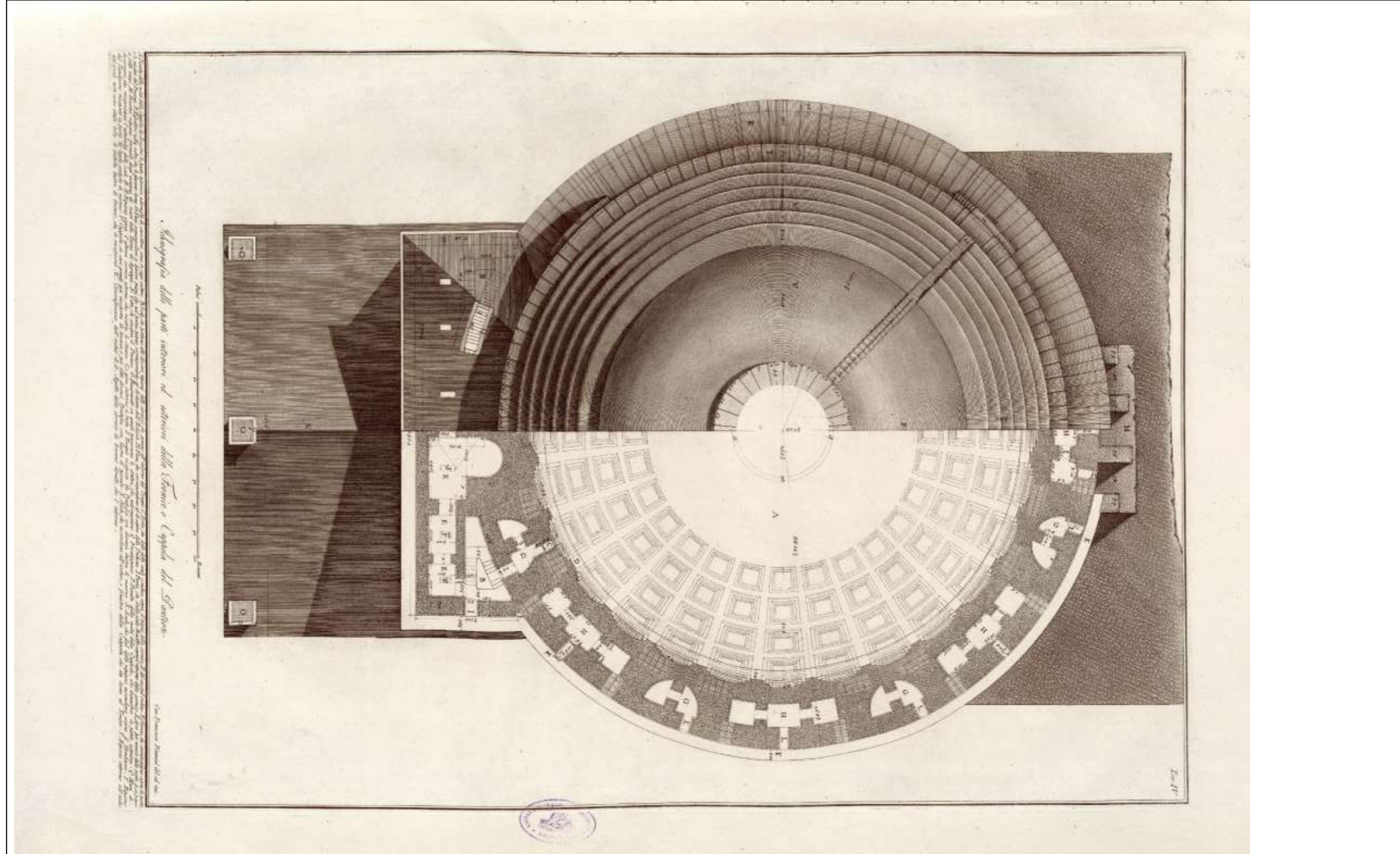
N. IV. Casa Caspi p[ro]prio Romano Francesco Demesmay 1754 nella Piazza Pantheon



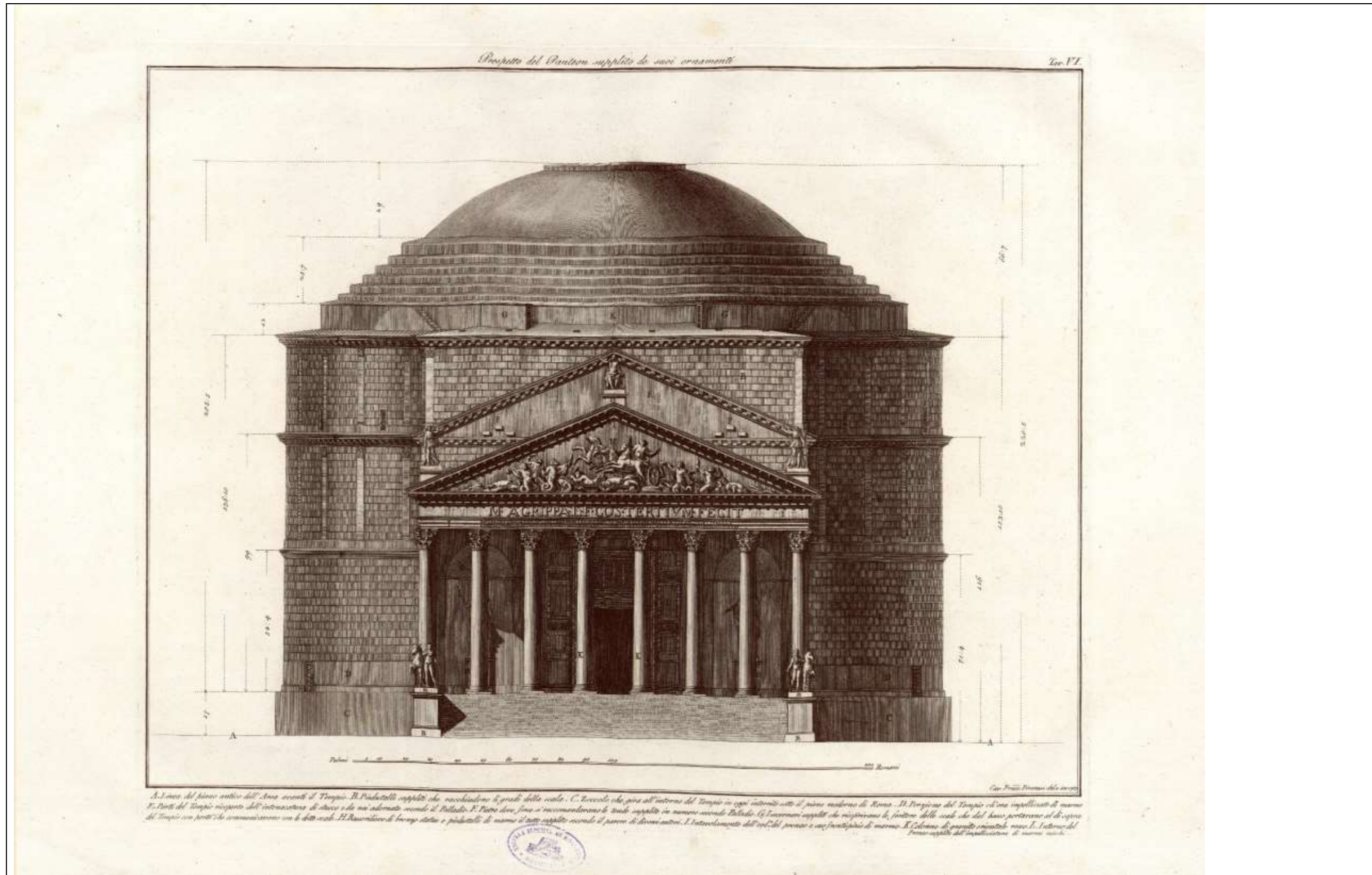
57	Giovan Battista Piranesi	≈1756	pianta	72 x 102	pantheon antico	Piranesi Tavola II
----	--------------------------	-------	--------	----------	-----------------	--------------------



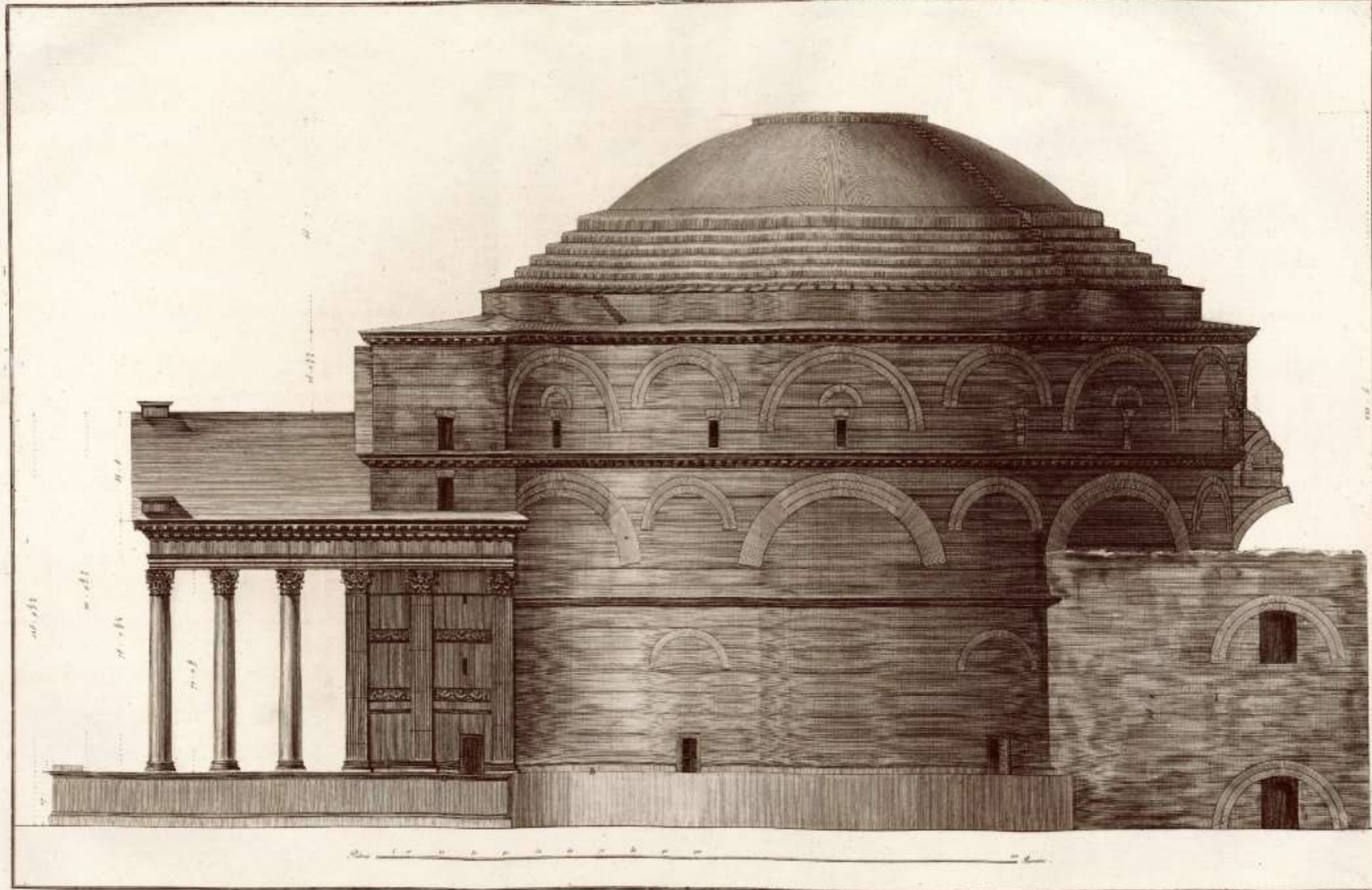
58	Giovan Battista Piranesi	≈1756	pianta attico	72 x 102	pantheon antico	Piranesi Tavola III
----	--------------------------	-------	---------------	----------	-----------------	---------------------



59	Giovanni Battista Piranesi	≈1756	pianta della cupola e della copertura	72 x 102	pantheon antico	Piranesi Tavola IV
----	----------------------------	-------	---------------------------------------	----------	-----------------	--------------------



61	Giovan Battista Piranesi	≈1756	prospetto nord ricostruttivo	111 x 78	pantheon antico	Piranesi Tavola VI
----	--------------------------	-------	------------------------------	----------	-----------------	--------------------



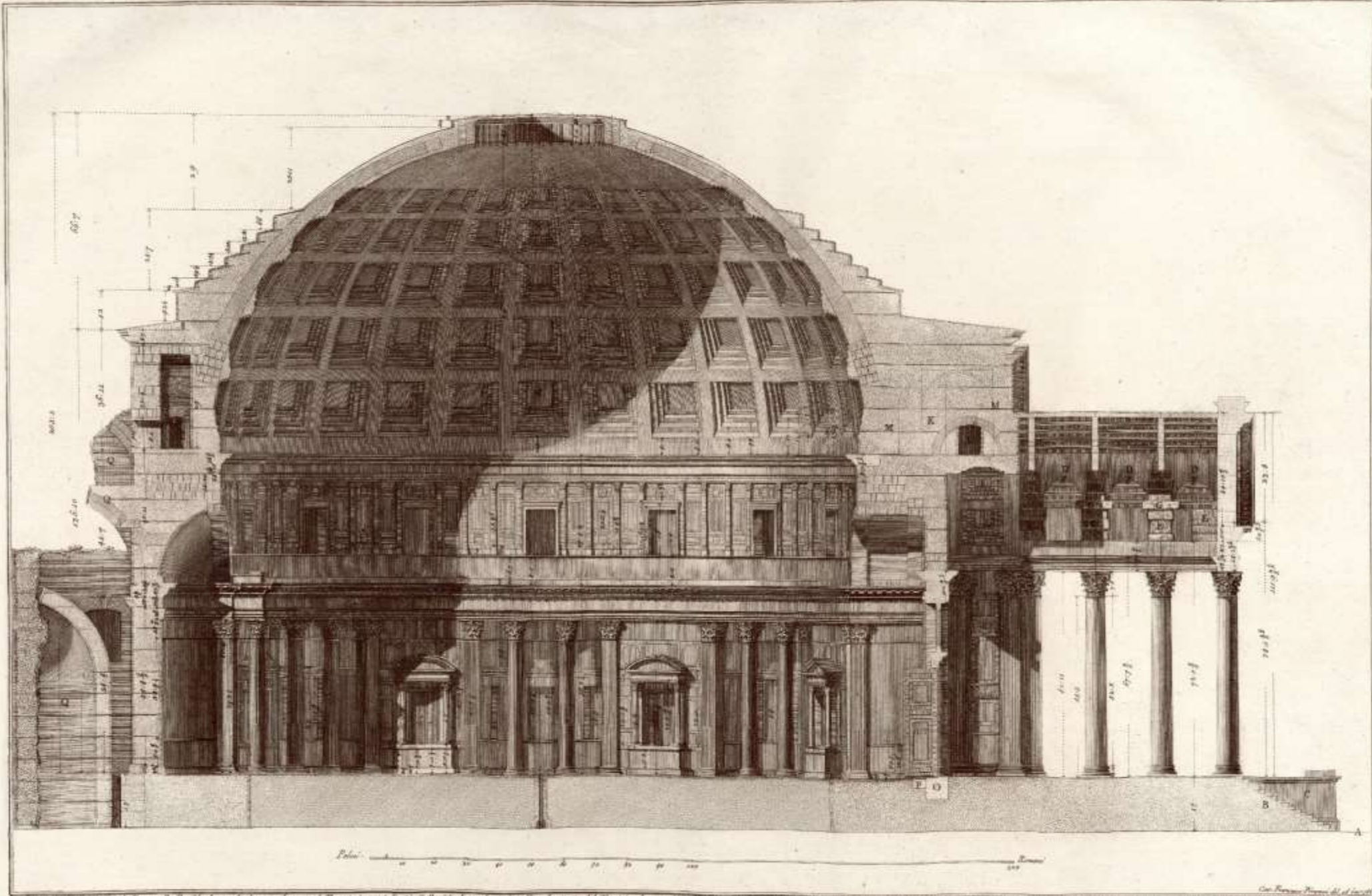
A. A. Parte che per mezzo del segmento del diametro (A) comunemente nei suoi concavissimi termini nelle grossezze dei muri, e decorata nelle pareti III" W" C. Parte che per mezzo del segmento del peristilio (B) comunemente alle volte che ascendono alle parti superiori del Tempio Y. Parte che dalle volte vedute, comunemente sopra il sito del primo V. Parte che dalle volte vedute, comunemente sopra le colonne (C) e per mezzo delle porte (D) nei suoi concavissimi termini nelle grossezze dei muri, e decorata nelle pareti III" W" C. Parte che per mezzo del segmento del peristilio (B) comunemente alle volte che ascendono alle parti superiori del Tempio Y. Parte che dalle volte vedute, comunemente sopra il sito del primo V. Parte che dalle volte vedute, comunemente sopra le colonne (C) e per mezzo delle porte (D) nei suoi concavissimi termini nelle grossezze dei muri, e decorata nelle pareti III" W" C.



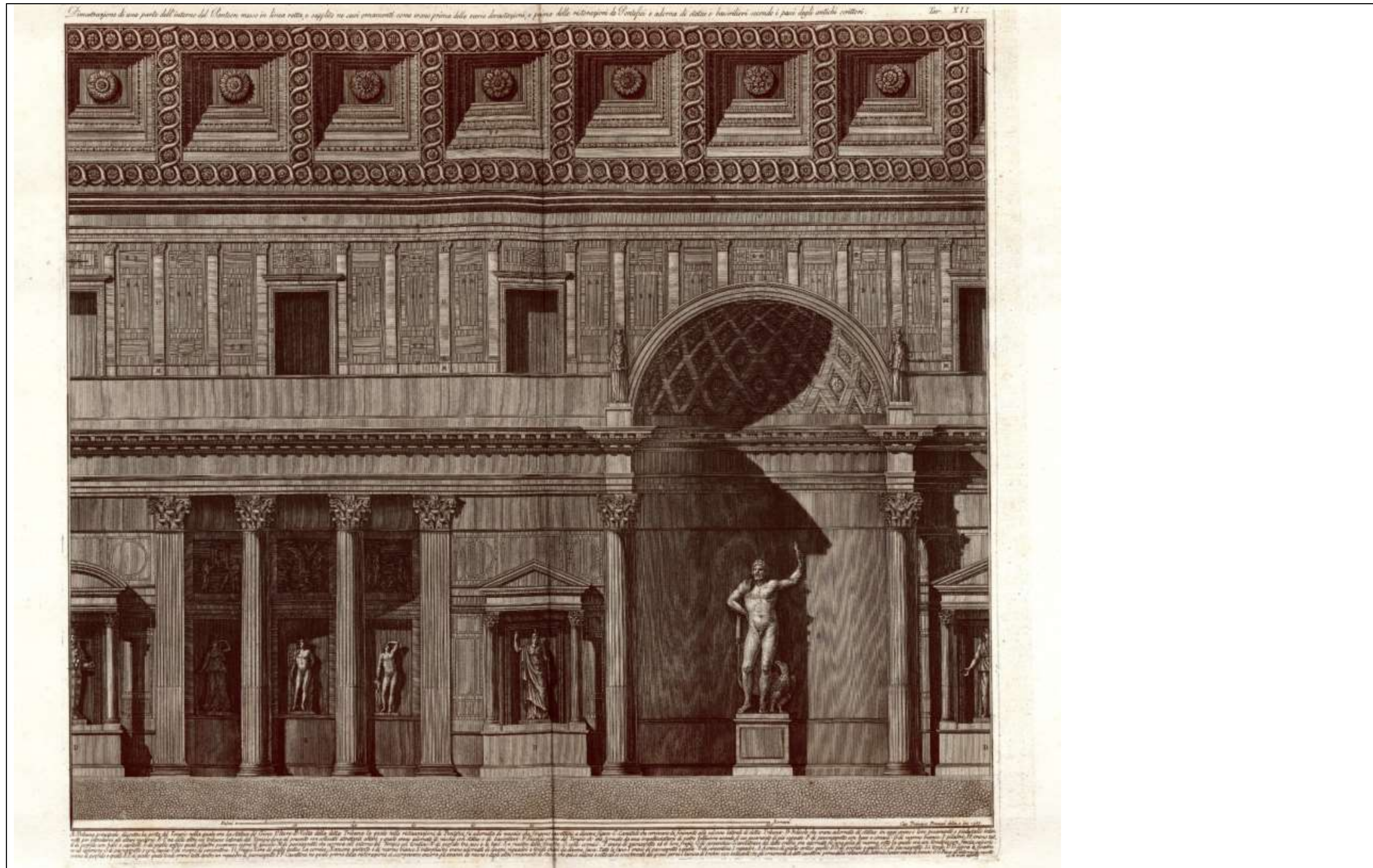
62	Giovan Battista Piranesi	≈1756	prospetto ovest	111 x 78	pantheon antico	Piranesi Tavola VII
----	--------------------------	-------	-----------------	----------	-----------------	---------------------

Sezione per lungo del Pantheon che dimostra il Pronao, o Portico, e l'interno del Tempio

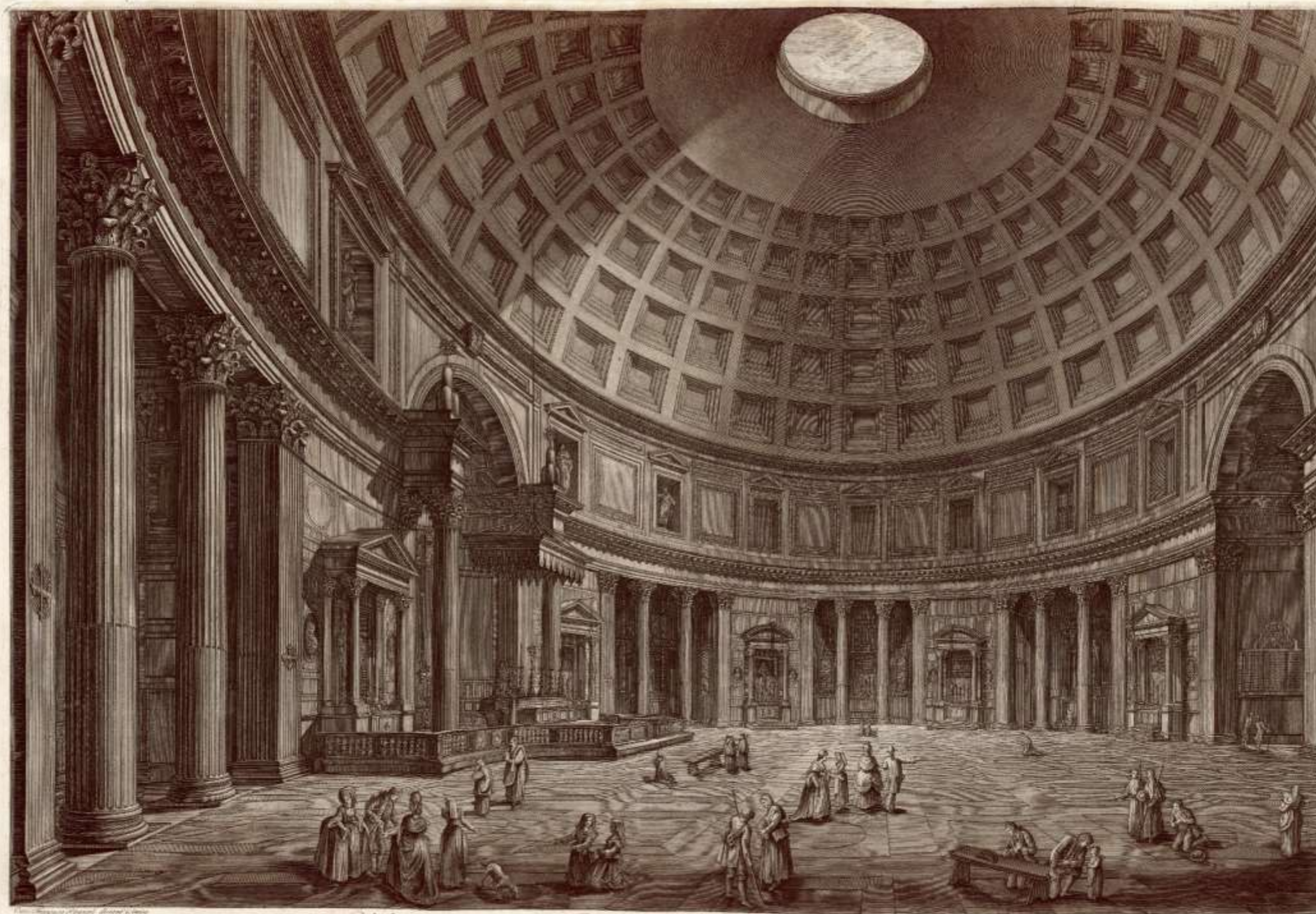
Tav. X



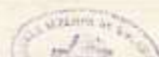
1. Linea del piano antico di Roma. 2. Profilo di grandi che si elevano nel Tempio in ogni lato. 3. Profilo di una di pedicelle nel spazio del Tempio che racchiudono la gran camera, e nel piano si osservano lungo il portico l'altare di marmo in oggi distrutto. 4. Muro che termina l'interno del portico ed è sopra della colonna sopra cui s'appoggia l'armatura del tetto per alleggerire il peso degli archiviati sottoposti. 5. Colonne di bronzo che sostengono il tetto, e si forma portico sopra i resti di marmo di cui sono i resti. 6. Pila basamentale sopra la quale si eleva l'altare di marmo. 7. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 8. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 9. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 10. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 11. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 12. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 13. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 14. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 15. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 16. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 17. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 18. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 19. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 20. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 21. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 22. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 23. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 24. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 25. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 26. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 27. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 28. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 29. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 30. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 31. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 32. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 33. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 34. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 35. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 36. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 37. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 38. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 39. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 40. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 41. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 42. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 43. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 44. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 45. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 46. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 47. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 48. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 49. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 50. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 51. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 52. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 53. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 54. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 55. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 56. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 57. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 58. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 59. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 60. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 61. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 62. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 63. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 64. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 65. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 66. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 67. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 68. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 69. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 70. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 71. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 72. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 73. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 74. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 75. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 76. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 77. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 78. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 79. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 80. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 81. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 82. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 83. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 84. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 85. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 86. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 87. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 88. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 89. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 90. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 91. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 92. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 93. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 94. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 95. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 96. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 97. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 98. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 99. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo. 100. La porta di marmo che si eleva sopra la porta di marmo.



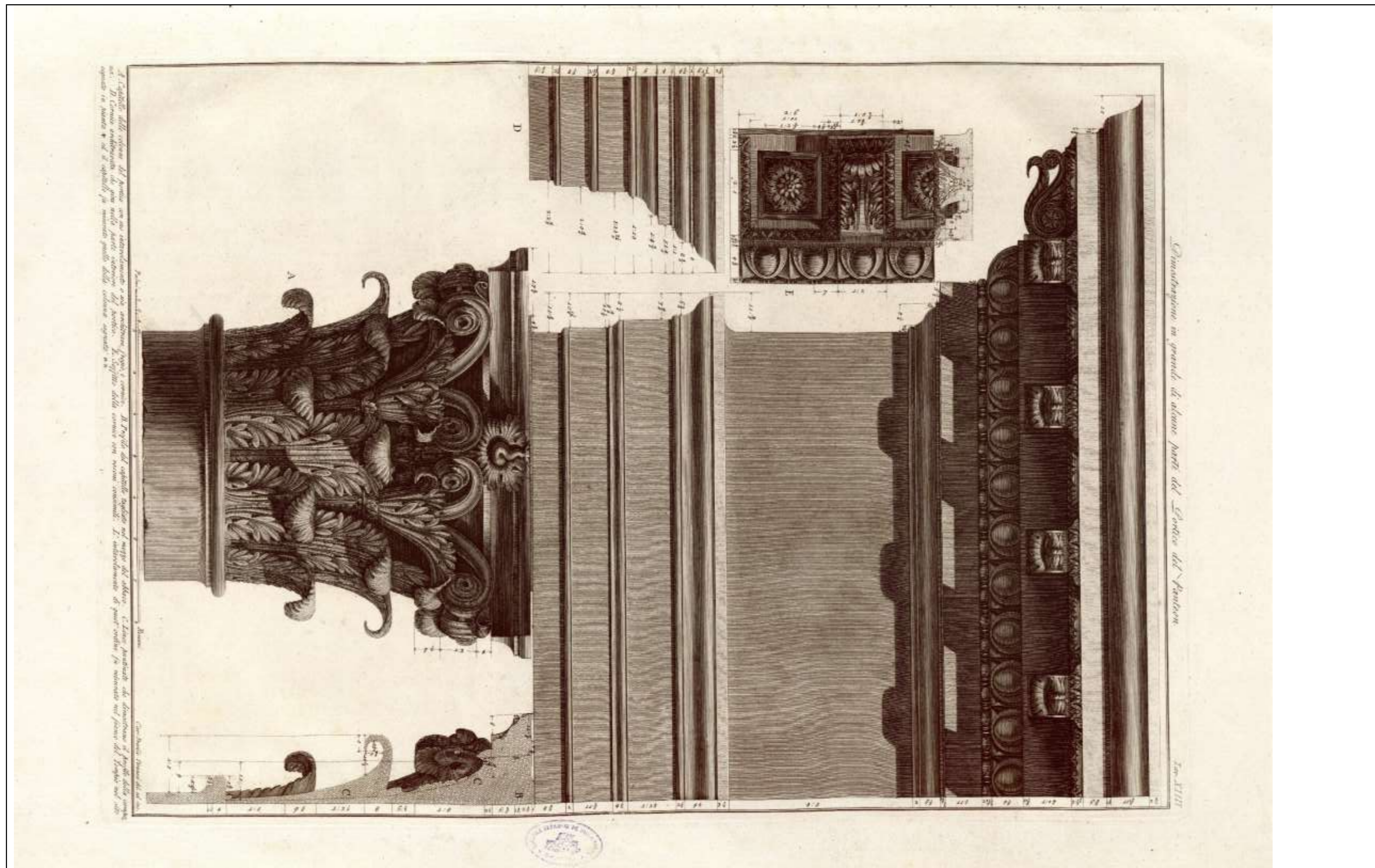
66	Giovan Battista Piranesi	≈1756	prospetto interno	-	pantheon antico	Piranesi Tavola XII
----	--------------------------	-------	-------------------	---	-----------------	---------------------



Veduta interna del Pantheon volgarmente detto la Rotonda

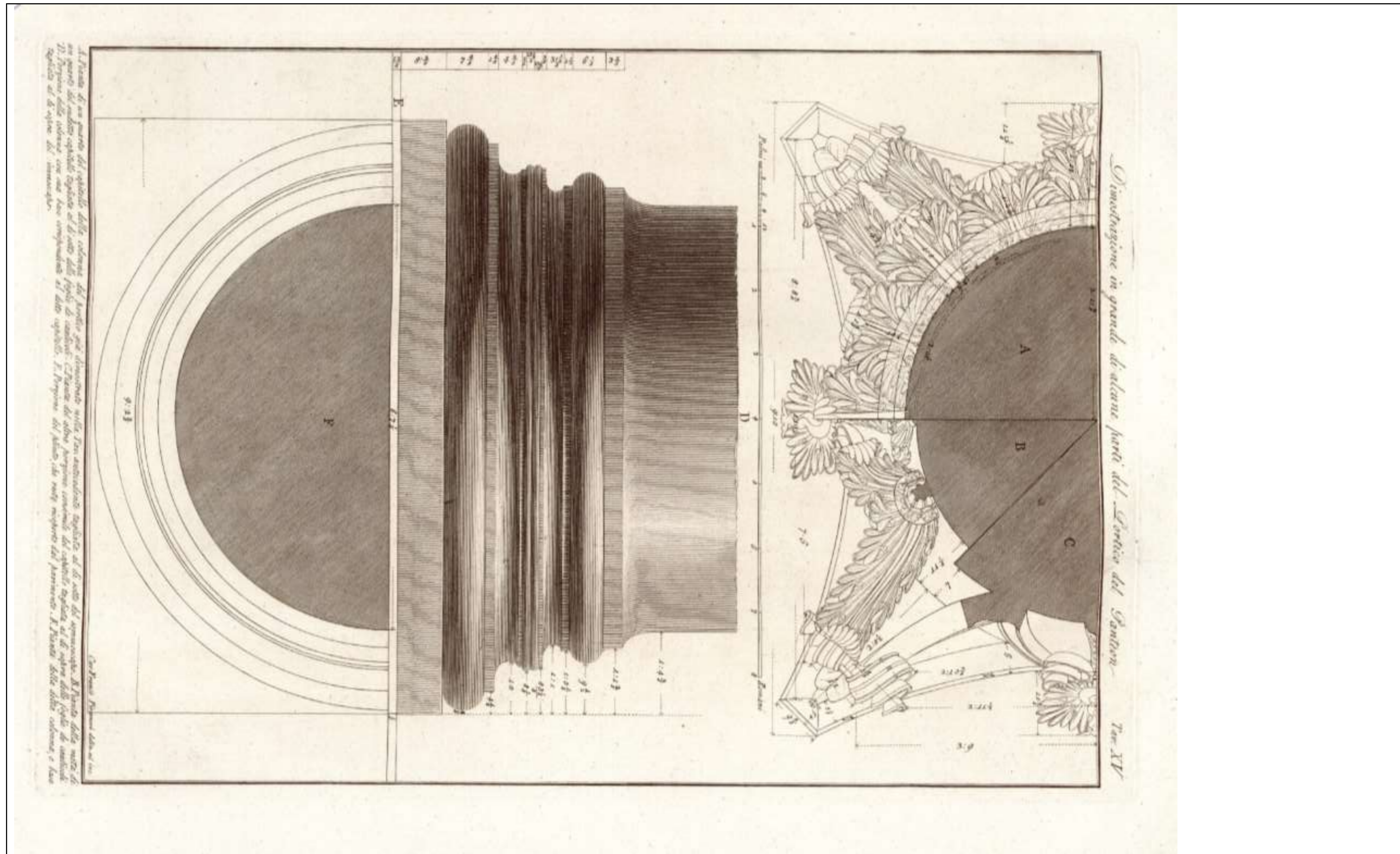


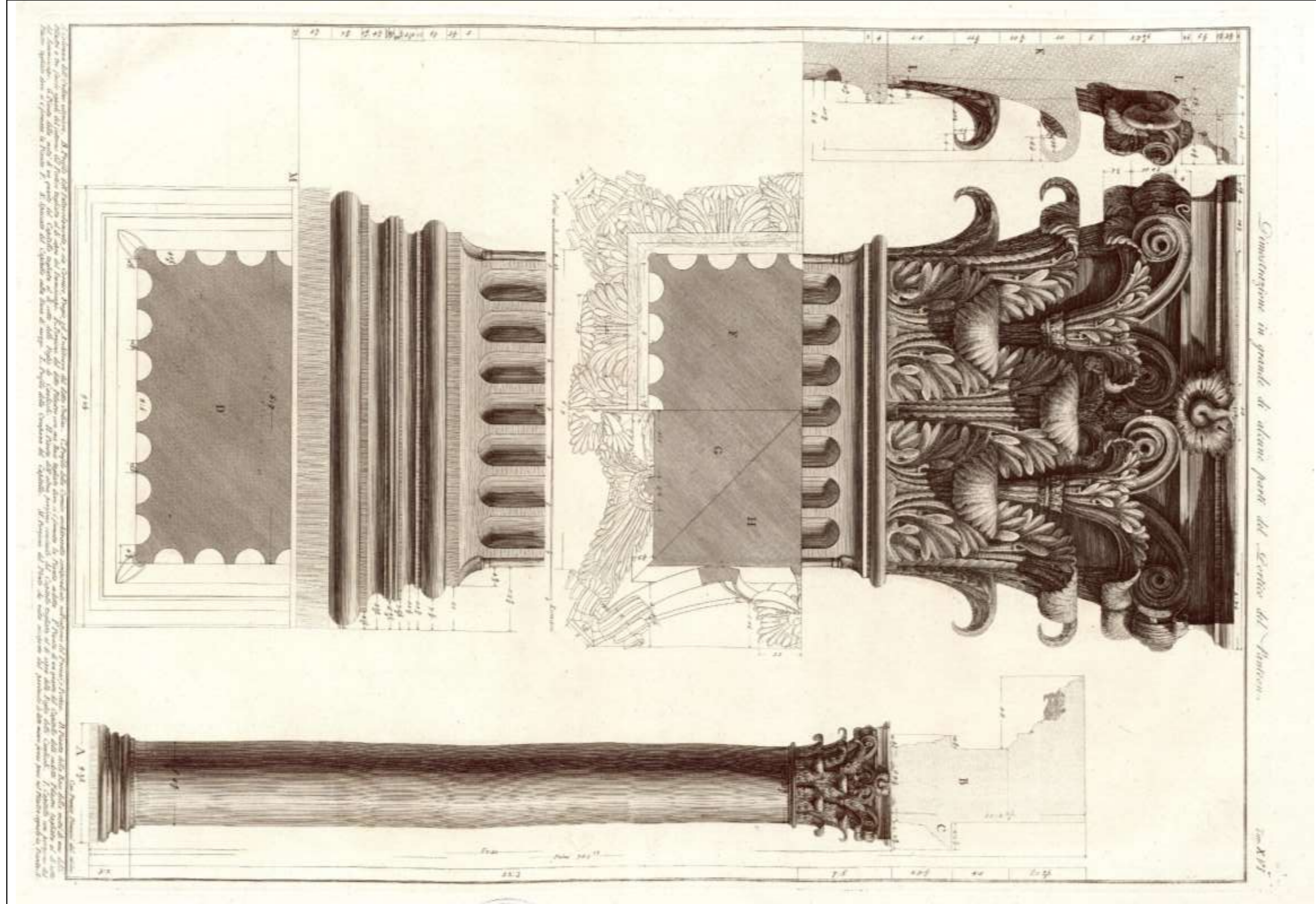
67	Giovan Battista Piranesi	≈1756	vista prospettica interno	-	pantheon antico	-
----	--------------------------	-------	---------------------------	---	-----------------	---



68	Giovan Battista Piranesi	≈1756	dettagli del capitello del portico	-	pantheon antico	Piranesi Tavola XIV
----	--------------------------	-------	------------------------------------	---	-----------------	---------------------

69	Giovan Battista Piranesi	≈1756	dettagli della base della colonna del portico	-	pantheon antico	Piranesi Tavola XV
----	--------------------------	-------	---	---	-----------------	--------------------





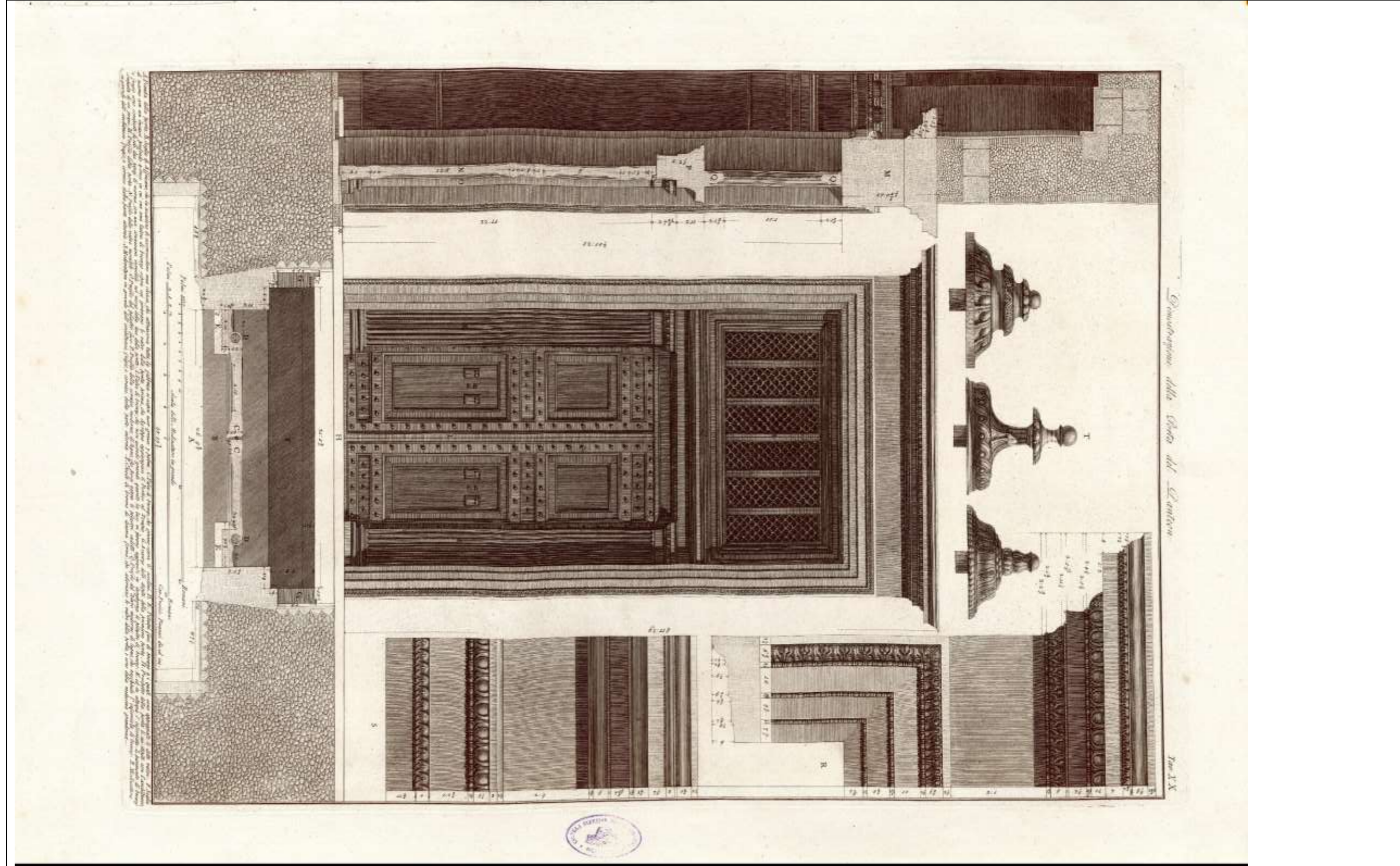
70	Giovan Battista Piranesi	≈1756	dettagli della parasta del portico	-	pantheon antico	Piranesi Tavola XVI
----	--------------------------	-------	------------------------------------	---	-----------------	---------------------



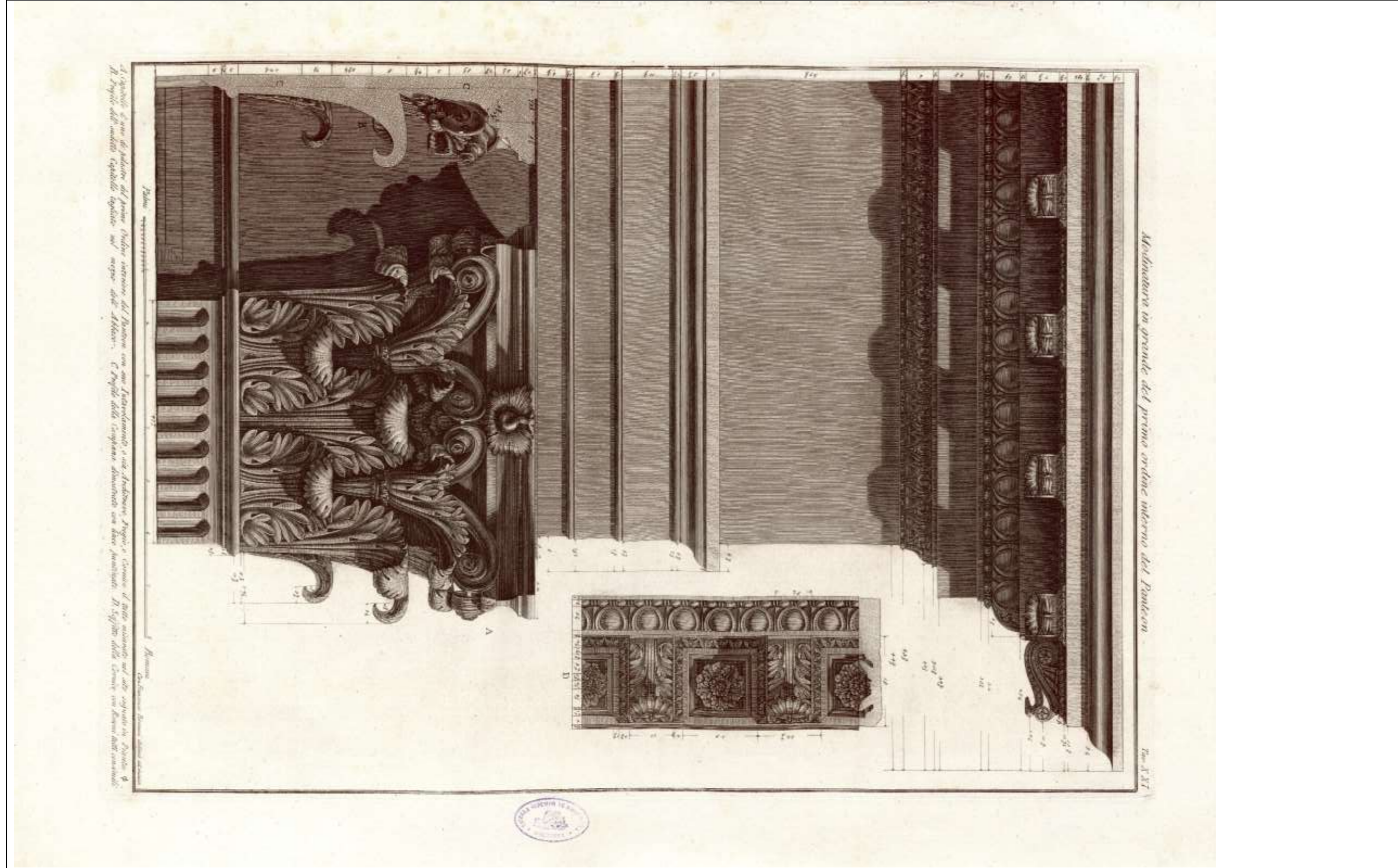
A. Dimostrazione con figure intatte di due candelabri, che si vedono nel vestibolo del pronao e portico, e sopra in pianta. B. Profilo del fregio, preso nella linea di sopra. C. Profilo del candelabro. D. Diversi simboli, e strumenti appartenenti ai sacrifici, che si vedono nel muro di altri fregi, e cornici, quali non differiscono uno dall'altro, e non che agli strumenti adatti, quali fregi, e cornici, e altri del pronao.



73	Giovan Battista Piranesi	≈1756	prospetto e sezioni del fregio del portico	-	pantheon antico	Piranesi Tavola XIX
----	--------------------------	-------	--	---	-----------------	---------------------



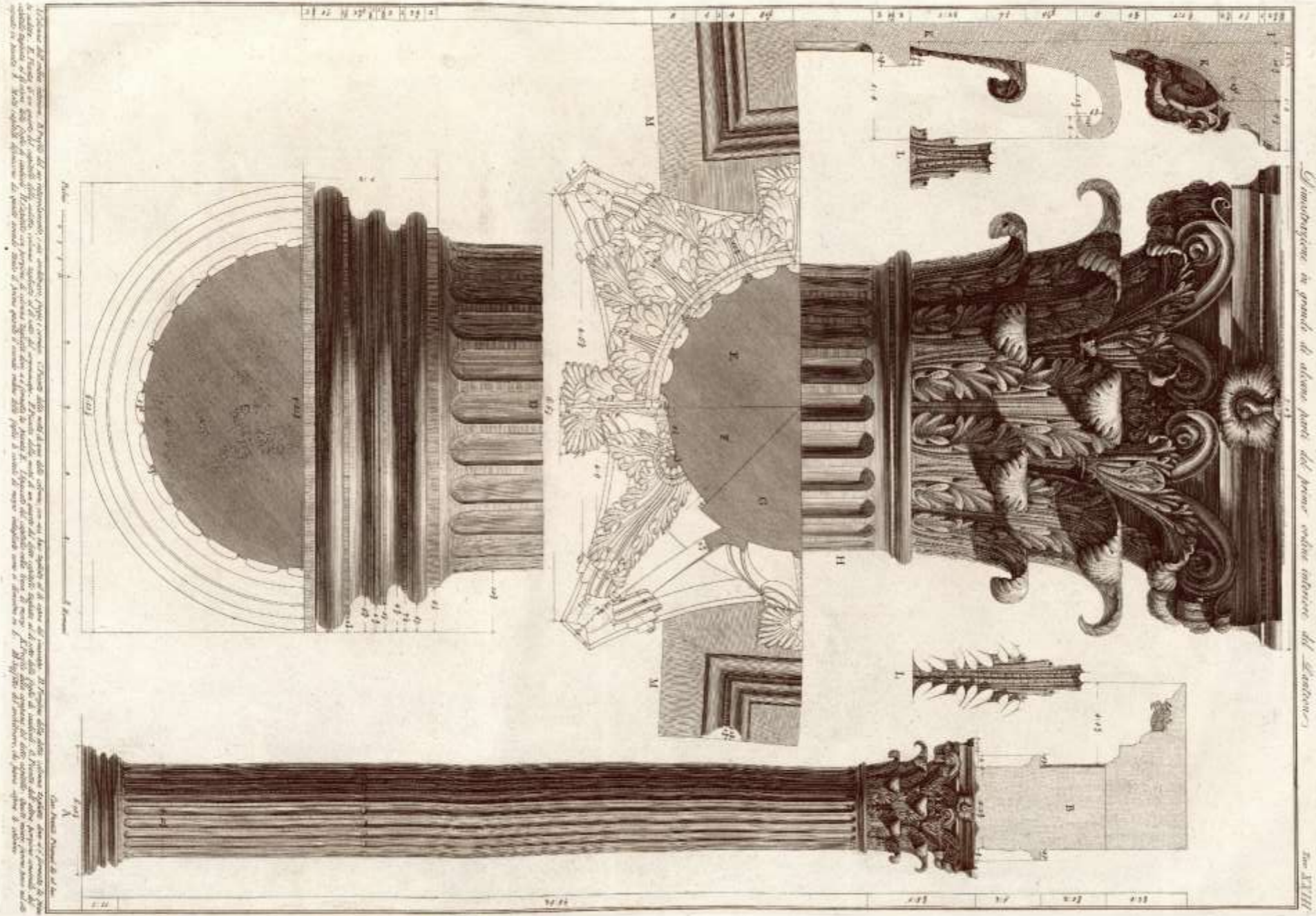
74	Giovan Battista Piranesi	≈1756	dettagli della porta d'ingresso	-	pantheon antico	Piranesi Tavola XX
----	--------------------------	-------	---------------------------------	---	-----------------	--------------------



Architettura in grande del primo ordine interno del Pantheon con una veduta del tutto interno nel sito attuale, e una veduta del tutto interno nel sito attuale, e una veduta del tutto interno nel sito attuale. Il tutto del tutto interno nel sito attuale, e una veduta del tutto interno nel sito attuale.

75	Giovanni Battista Piranesi	≈1756	dettagli del capitello di parasta e trabeazione interno	-	pantheon antico	Piranesi Tavola XXI
----	----------------------------	-------	---	---	-----------------	---------------------

77	Giovan Battista Piranesi	≈1756	dettagli della colonna dell'ordine interno	-	pantheon antico	Piranesi Tavola XXIII
----	--------------------------	-------	--	---	-----------------	-----------------------

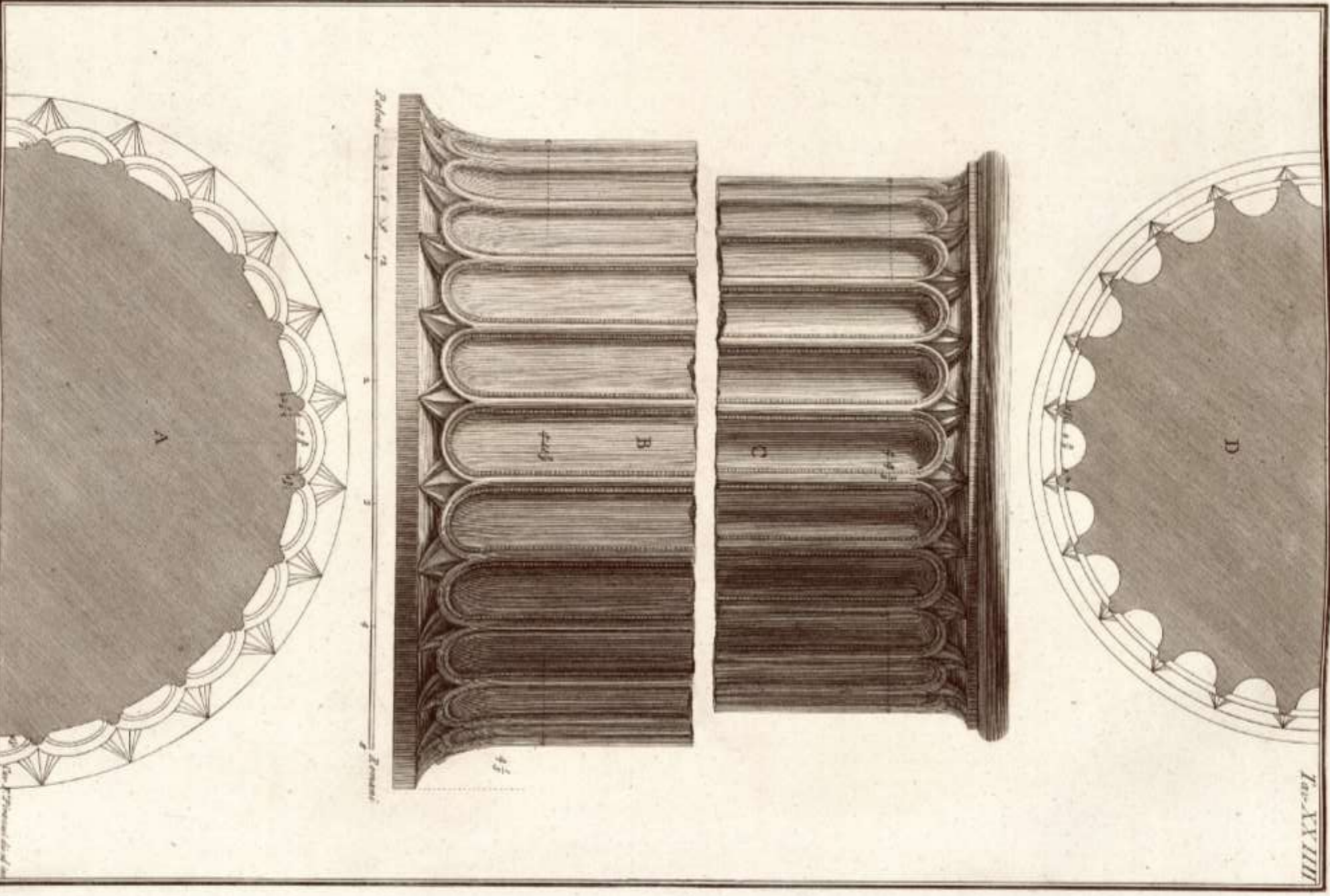


Claustrum in grandi di alcune parti del piano vedute interne del Pantheon

Tab. XXIII

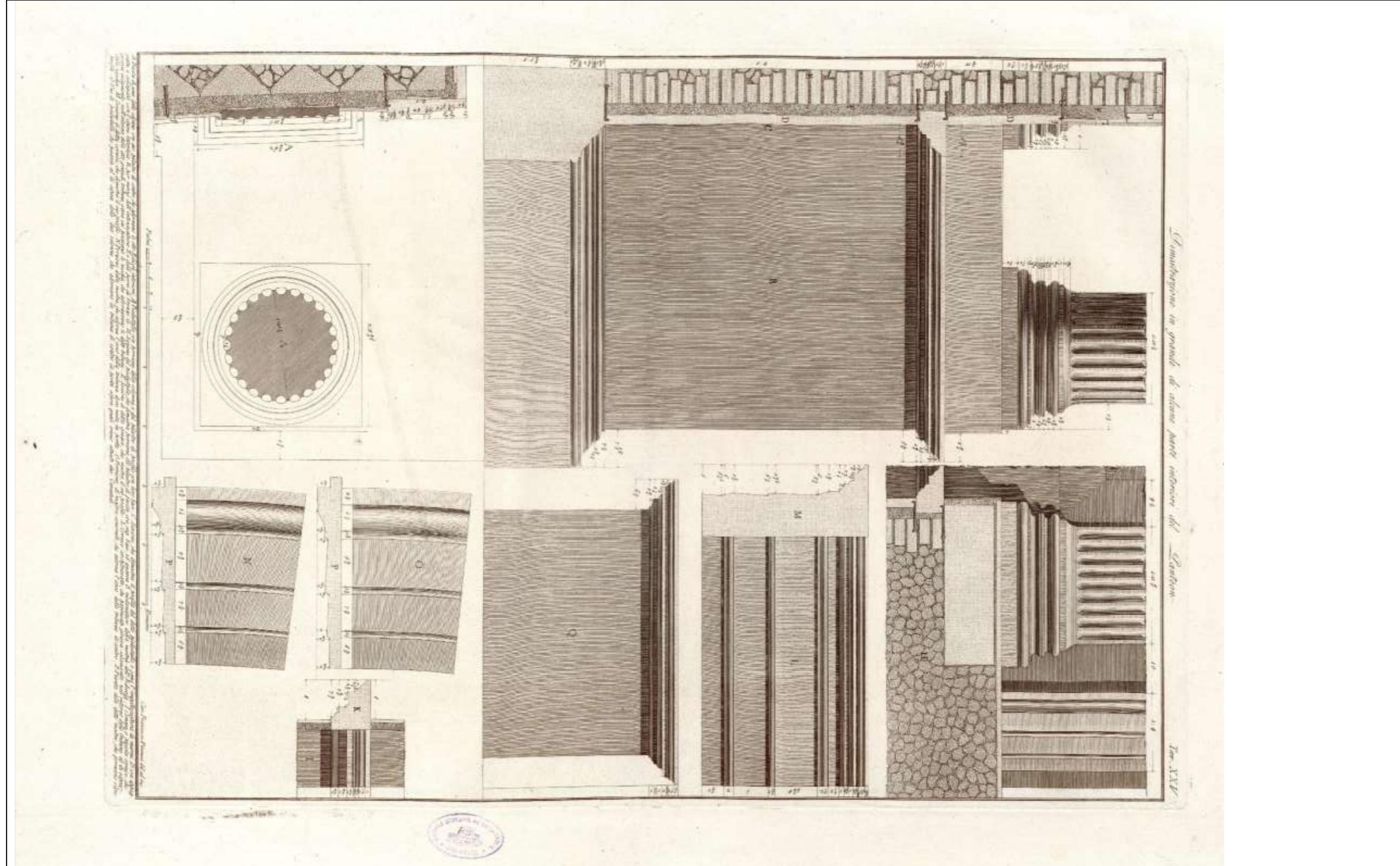
78	Giovan Battista Piranesi	≈1756	dettagli della colonna ordine interno, scanalature.	-	pantheon antico	Piranesi Tavola XXIV
----	--------------------------	-------	---	---	-----------------	----------------------

*A. Partita di una delle colonne, che adornano la Tribuna di sopra, le cui scanalature dipingono due teste: le altre, che sono sopra
 gli altri del Tempio. B. Partita di una delle colonne, che adornano l'interiore: C. Altre partizioni di colonne, che adornano il tempio: D. Partita
 della detta colonna presa al di sotto del semicircolo. Le dette misure furono prese dalla colonna originale in questo sito.*

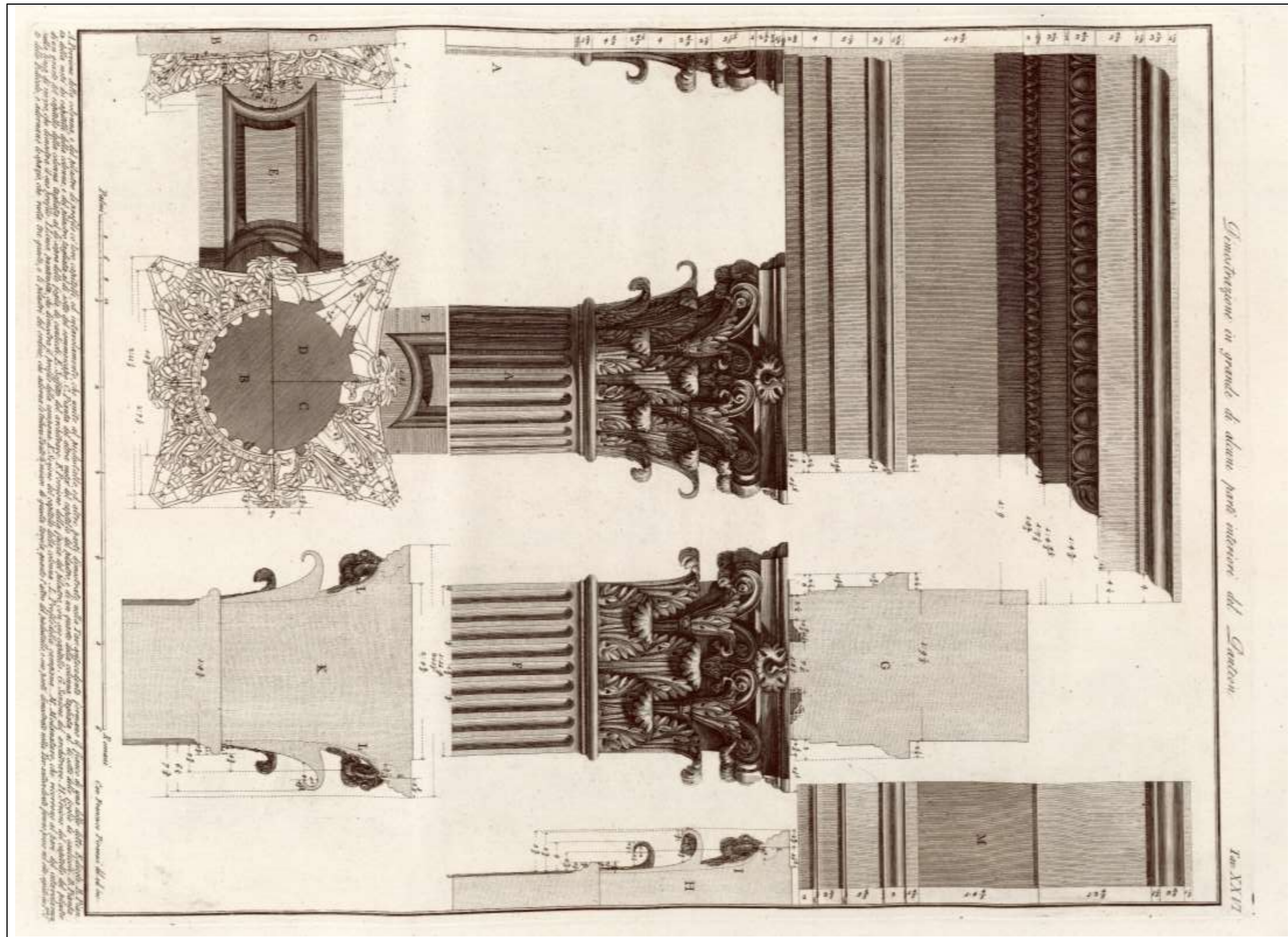


Dimostrazione in grande di alcune parti del primo ordine antico del Pantheon

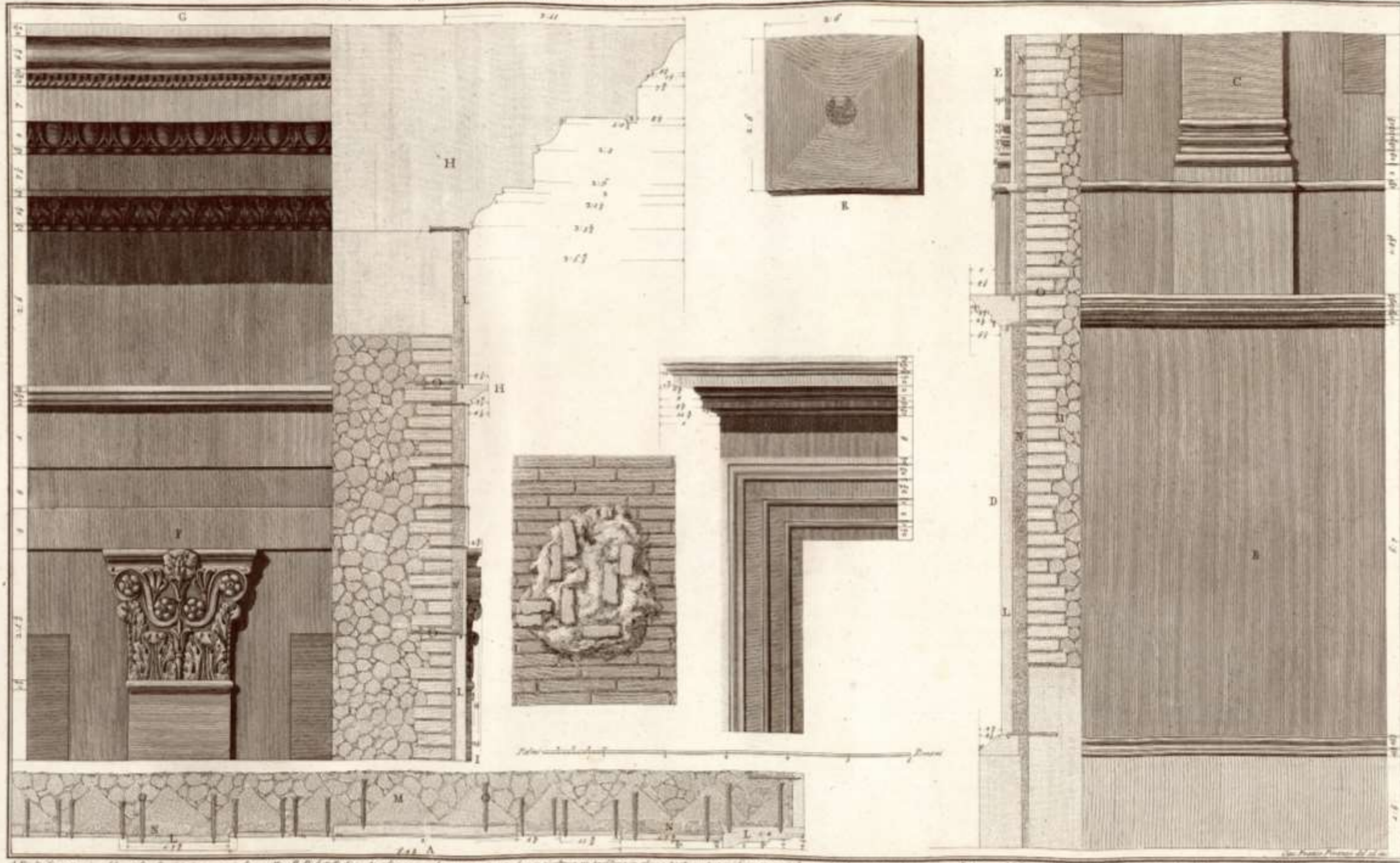
Tav. XXVIII



79	Giovanni Battista Piranesi	≈1756	dettagli di modanature dell'ordine interno	-	pantheon antico	Piranesi Tavola XXV
----	----------------------------	-------	--	---	-----------------	---------------------

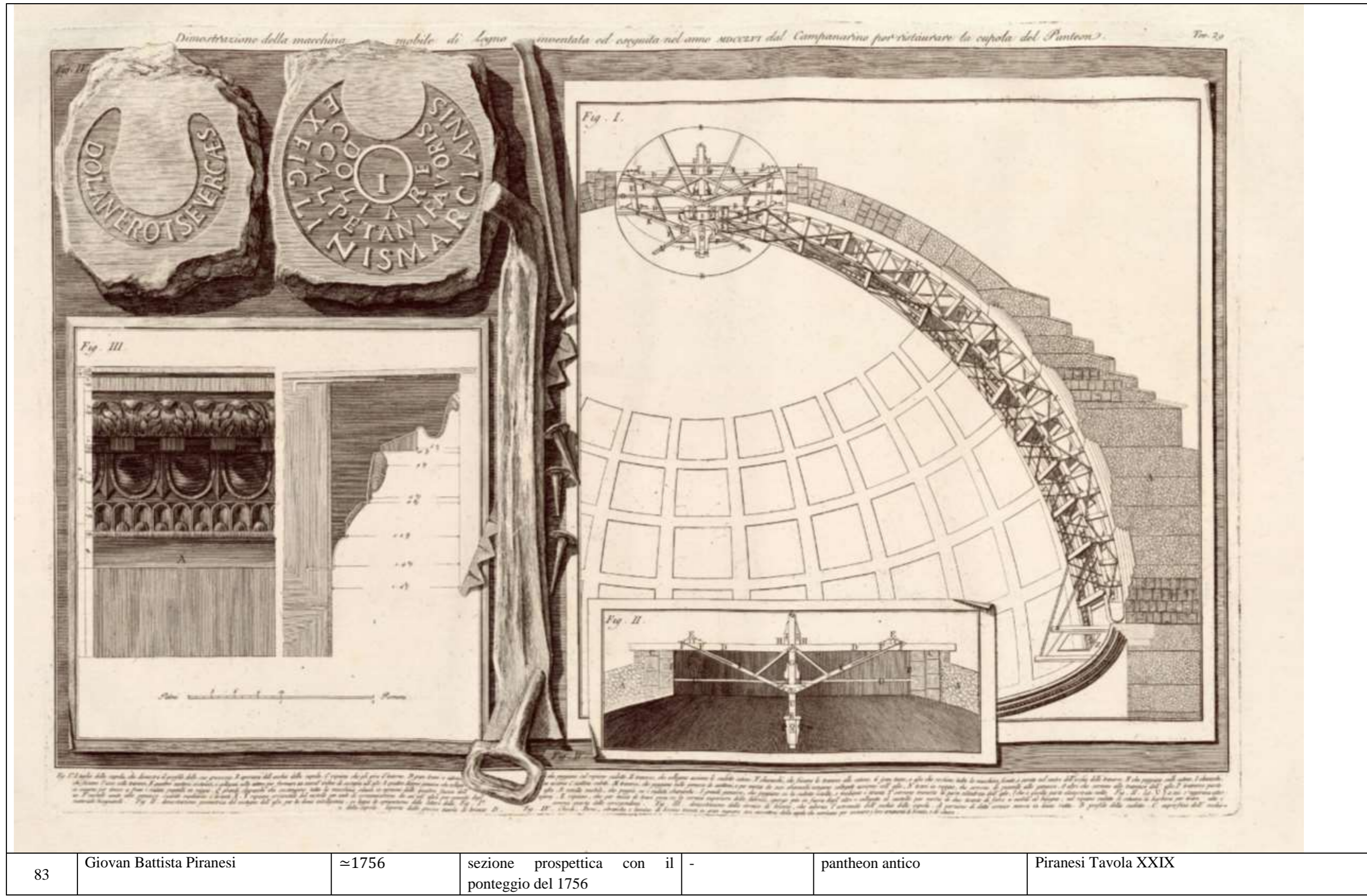


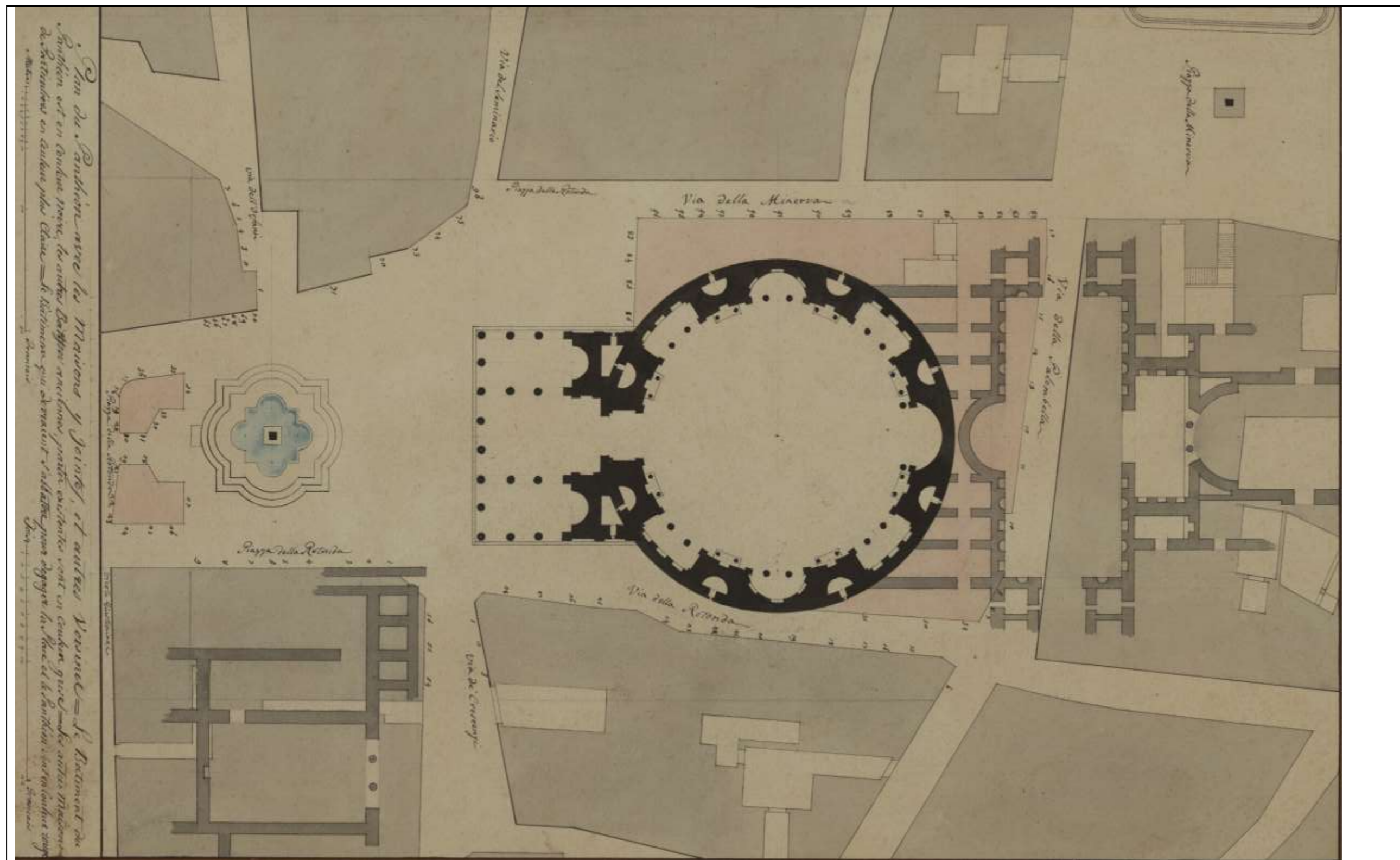
80	Giovanni Battista Piranesi	≈1756	dettagli di modanature dell'ordine interno -	pantheon antico	Piranesi Tavola XXVI
----	----------------------------	-------	--	-----------------	----------------------



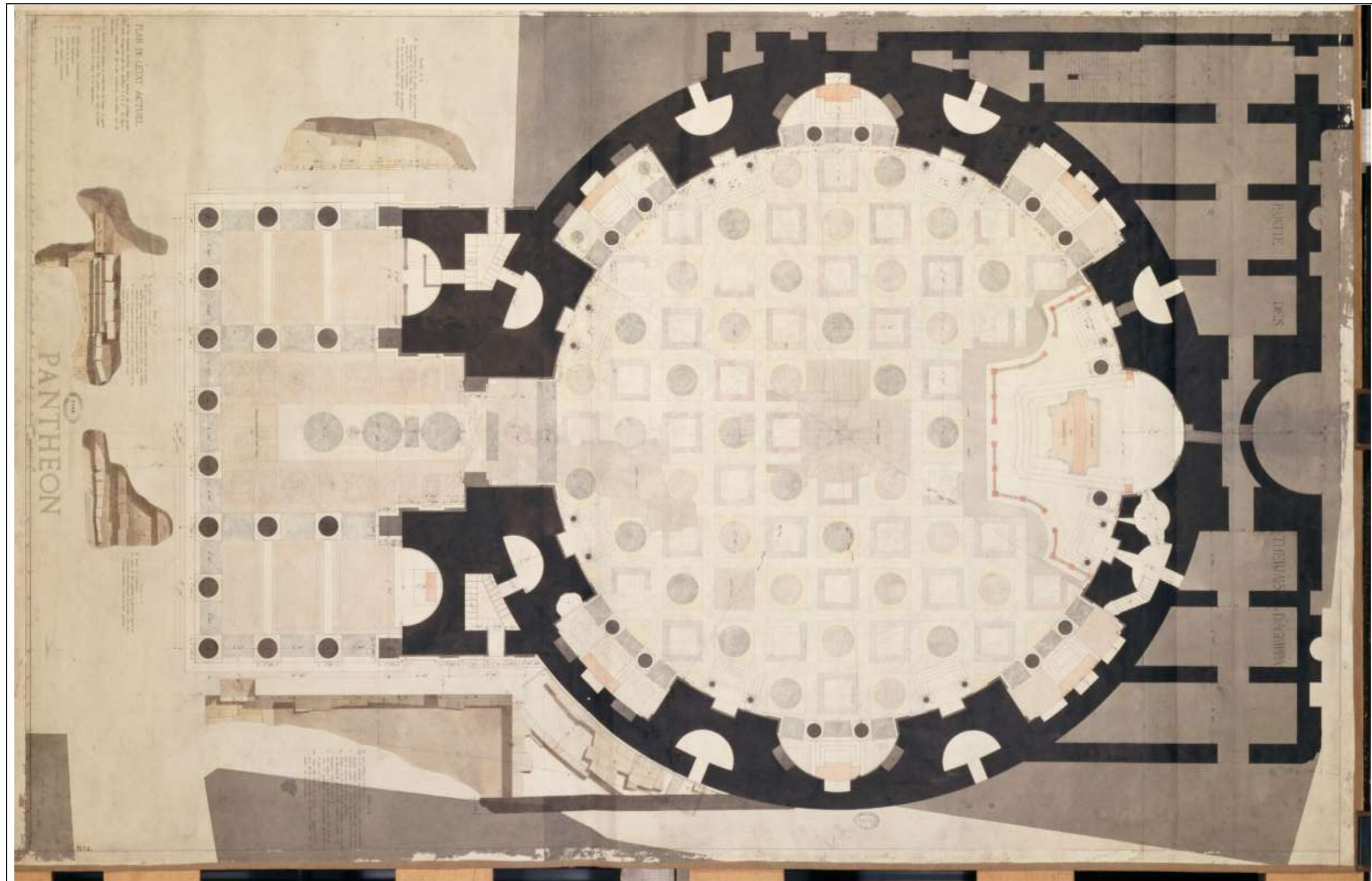
A. Piano di una finestra del secondo ordine interiore, ma in linea retta. B. Piedistallo di quest'ordine con due basamenti, e cornice che non restano, se profano in alcune parti, e sopra un basamento e restano le pilastre. C. Il pedanaio intero. D. Sezione del detto piedistallo, che dimostra il suo profilo. E. Finestra o risulta del piedistallo con il profilo della sua base. F. Capitello con cornice del suo adorno, che non restano, se profano in alcune parti. G. Sezione di questo piedistallo, come anche. H. Sezione del detto piedistallo, che dimostra il suo profilo. I. Profilo e fusto del capitello. Tanto la parete intiera, quanto la sezione del piedistallo, e del piedistallo dimostrano come le lettere marcano. L. In addestranza tutti quest'ordine, senza cornice, e collegato con l'opera laterale. M. Per mezzo delle grasse intercolonnate di colore N. ed a cui erano appoggiate molte archate di lavoro. O. che le costruzioni e l'uscio all'opera laterale. P. Modanatura della cornice, e dell'architrave, sopra a cornice della finestra de addestranza l'intercolonnate principali di quest'ordine. Q. Dimostrazione d'un progetto continuo con una costruzione, che in cui erano de pannelli di marmo, e di terra cotta per fare che le lettere che ad essi pannelli erano appoggiate non riflettessero troppo nella sala, ma restassero al loro piano. R. L'opere, che dimostra le due parti del piedistallo.

81	Giovan Battista Piranesi	≈1756	dettagli del secondo ordine interno - attico	-	pantheon antico	Piranesi Tavola XXVII
----	--------------------------	-------	--	---	-----------------	-----------------------

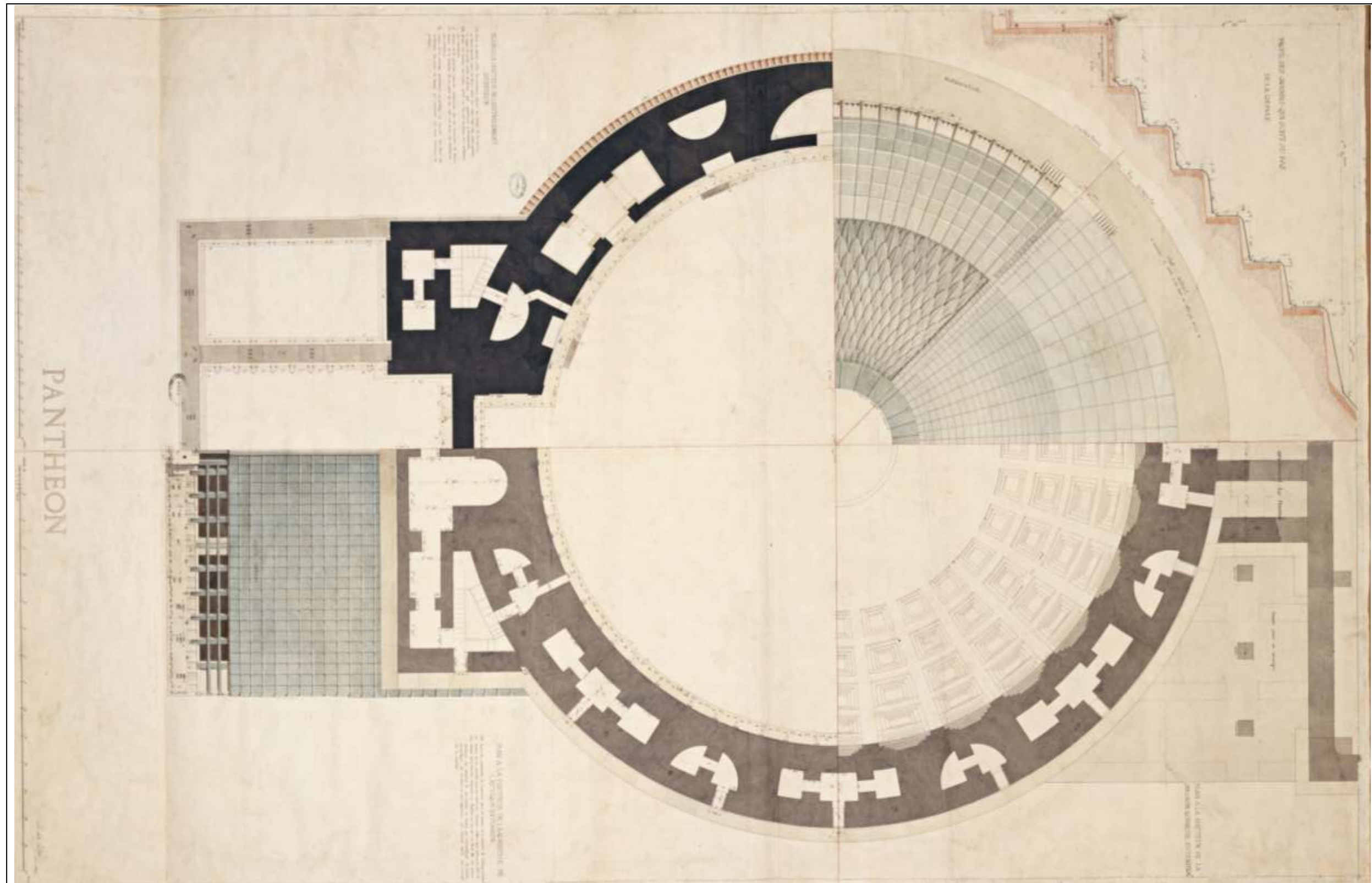




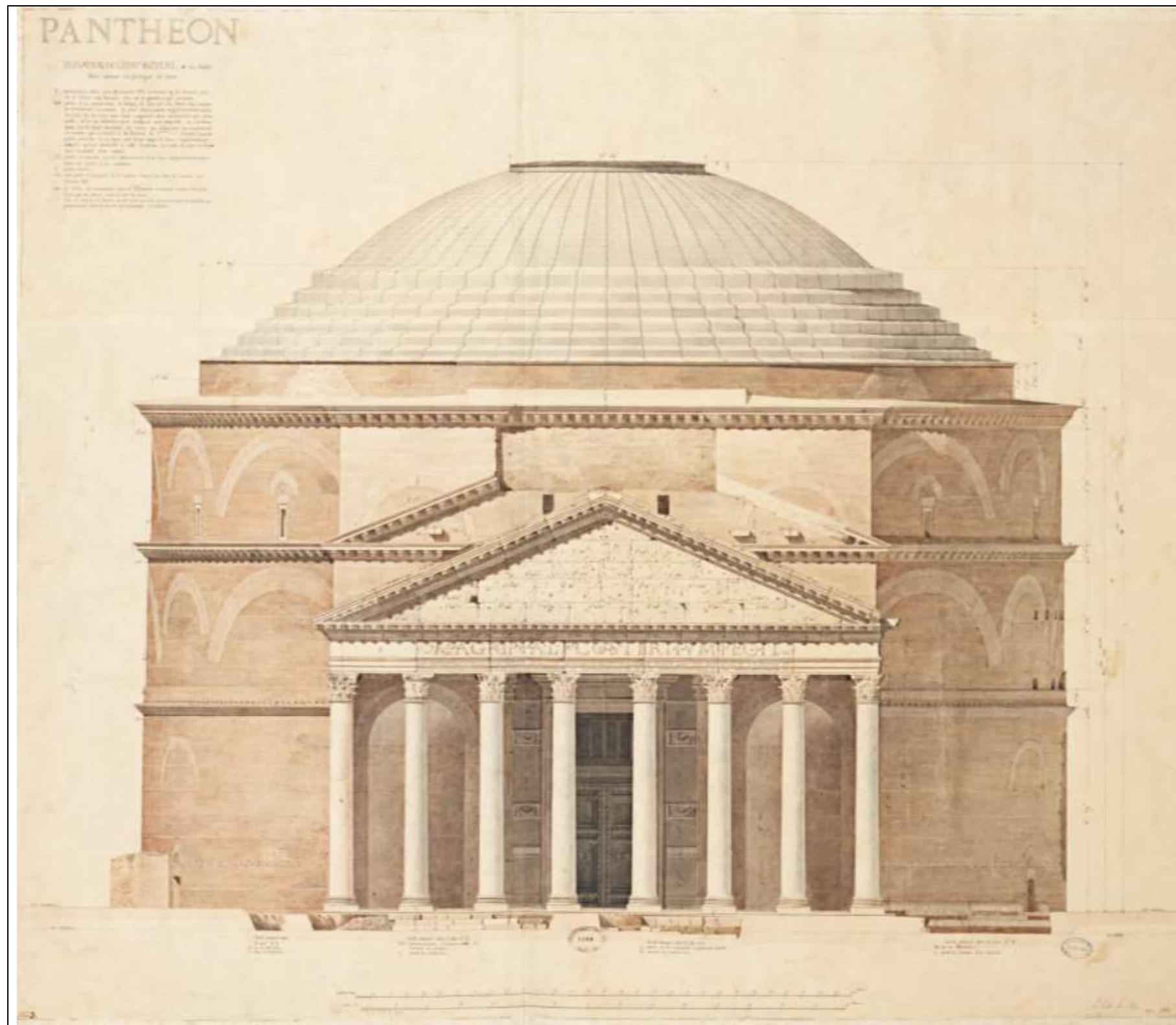
84	Giuseppe Valadier	1810-14	pianta del pantheon e degli edifici circostanti	48 x32	pantheon antico	Lineamenta - Bibliotheca Hertziana
----	-------------------	---------	--	--------	-----------------	------------------------------------



85	Achille Leclère	1813	pianta	101 x 140	pantheon e trasformazioni	Env9-01 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
----	-----------------	------	--------	-----------	---------------------------	---



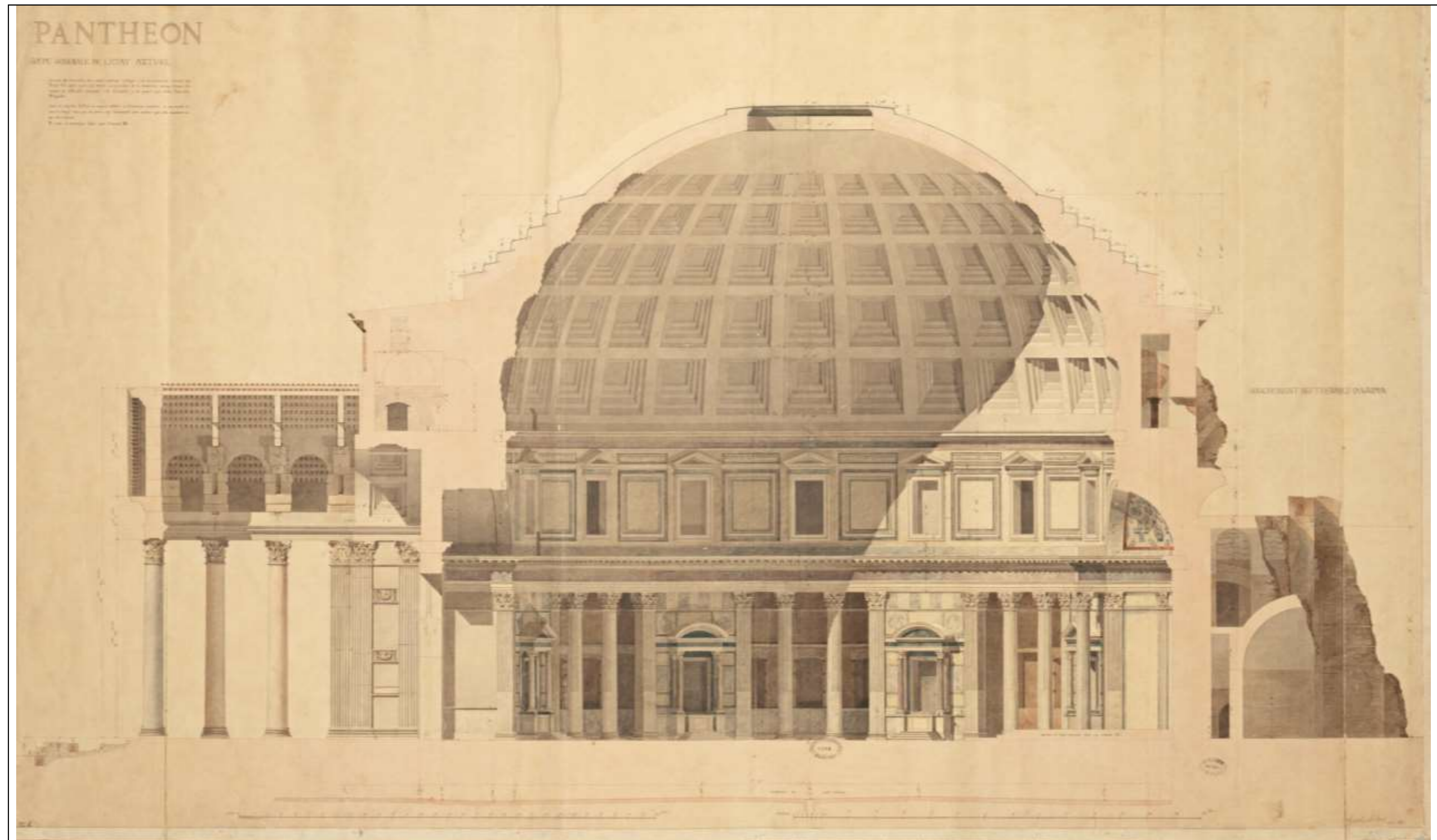
86	Achille Leclère	1813	pianta a più livelli, attico cassettoni e copertura	101 x 139	pantheon e trasformazioni	Env9-02 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
----	-----------------	------	---	-----------	---------------------------	---



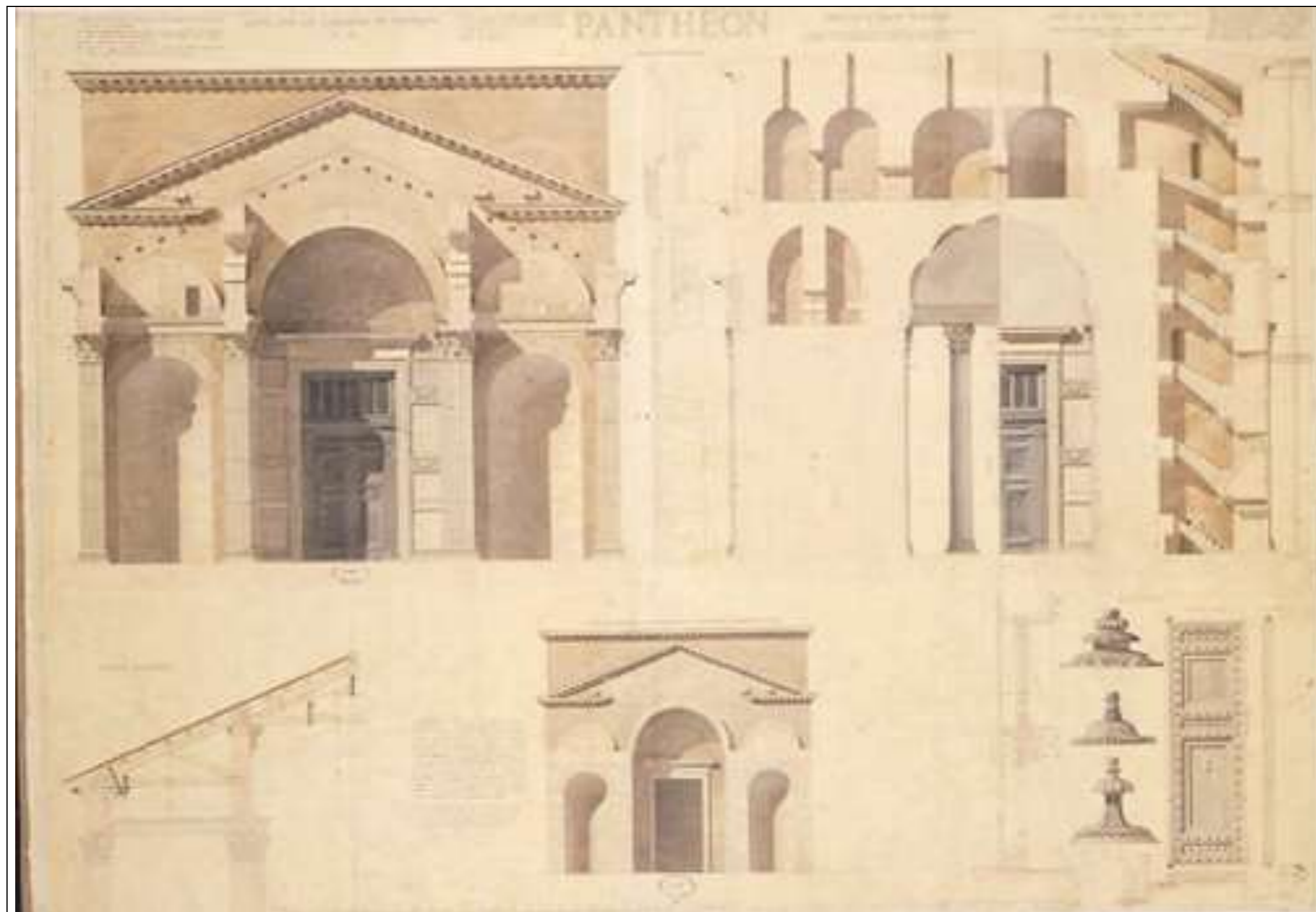
87	Achille Leclère	1813	prospetto nord	116 x 101	pantheon e trasformazioni	Env9-03 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
----	-----------------	------	----------------	-----------	---------------------------	---



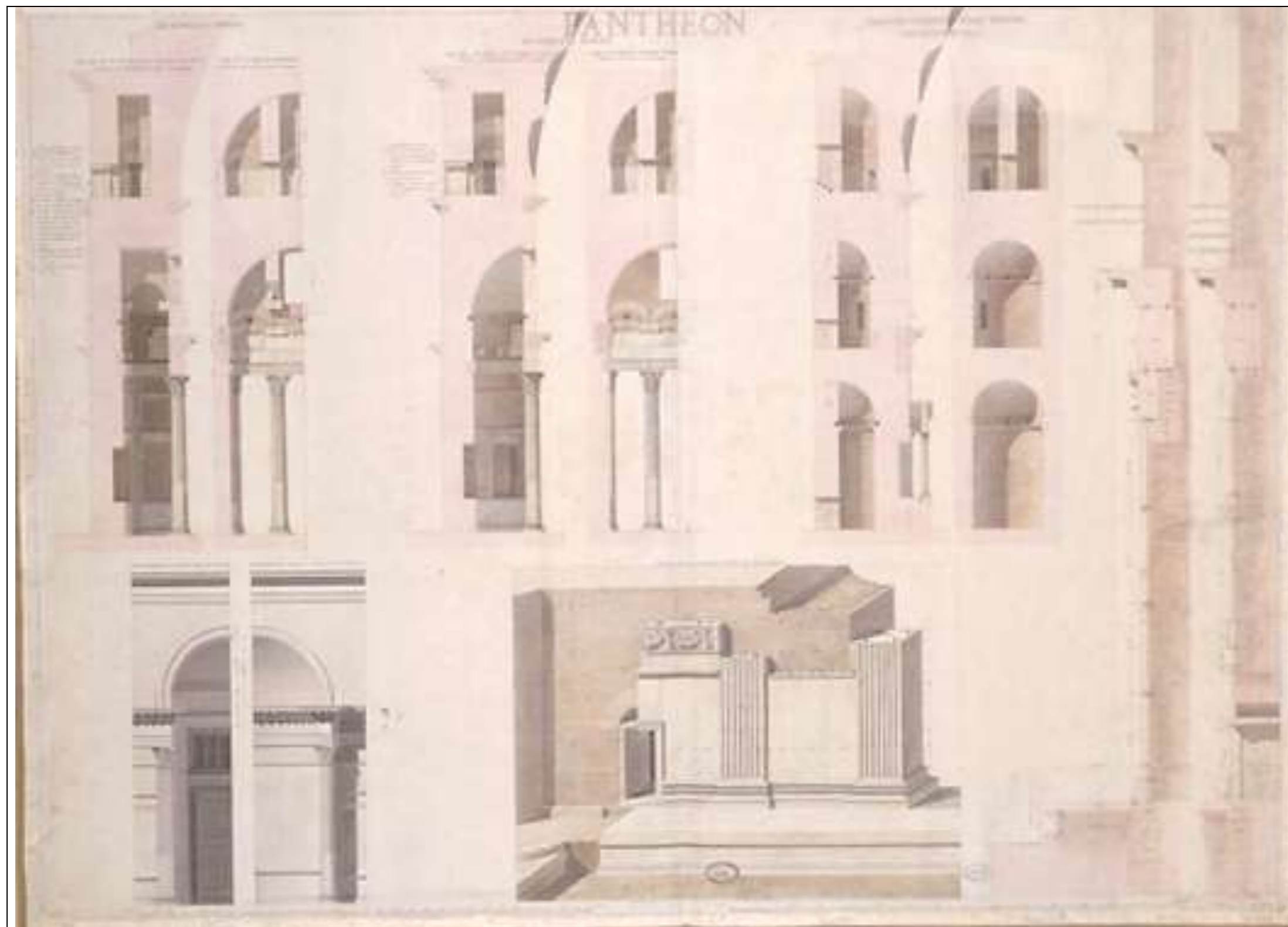
88	Achille Leclère	1813	prospetto ovest	142 x 101	pantheon e trasformazioni	Env9-04 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
----	-----------------	------	-----------------	-----------	---------------------------	---



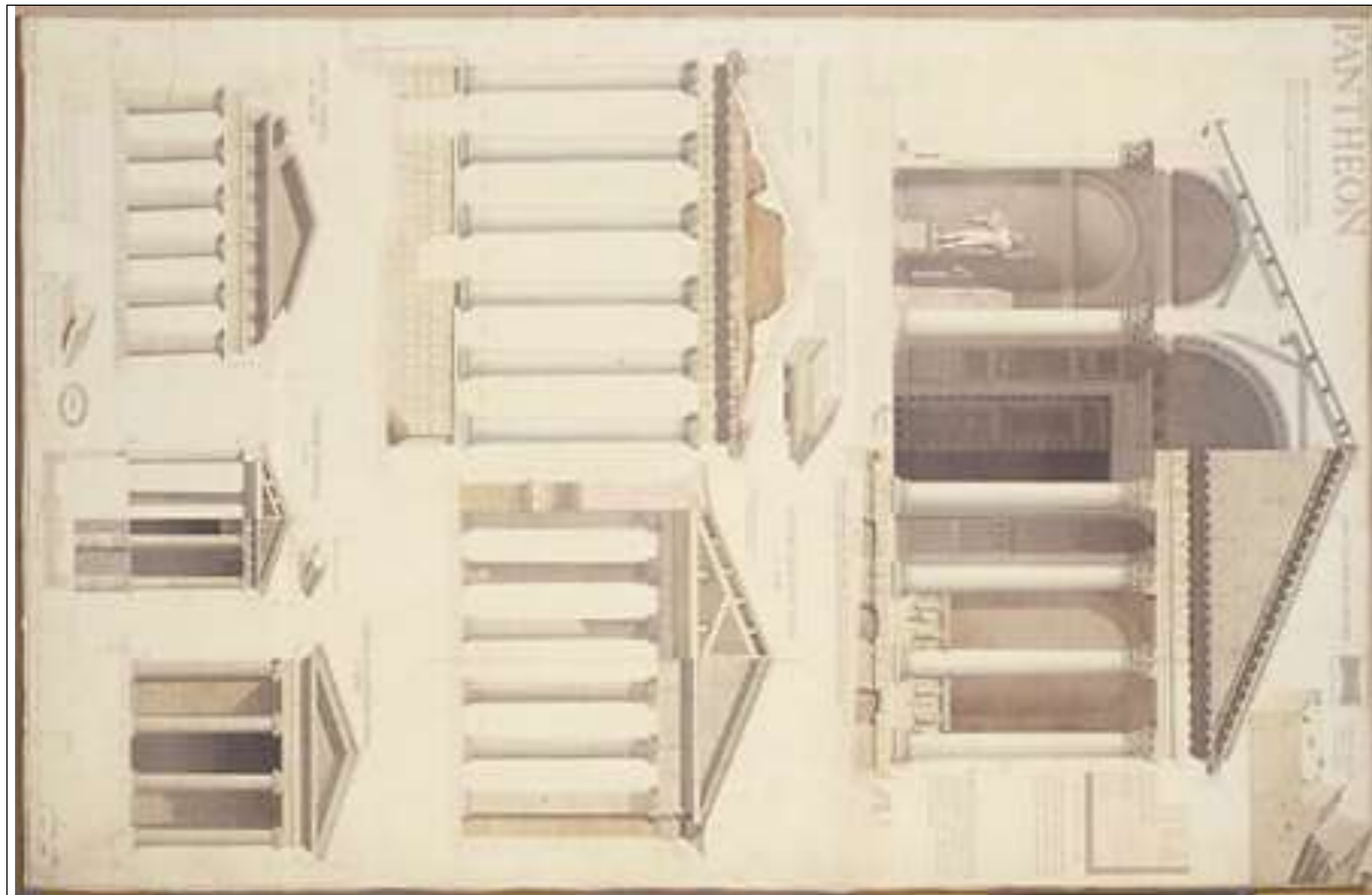
89	Achille Leclère	1813	sezione longitudinale	144 x 101	pantheon e trasformazioni	Env9-05 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
----	-----------------	------	-----------------------	-----------	---------------------------	---



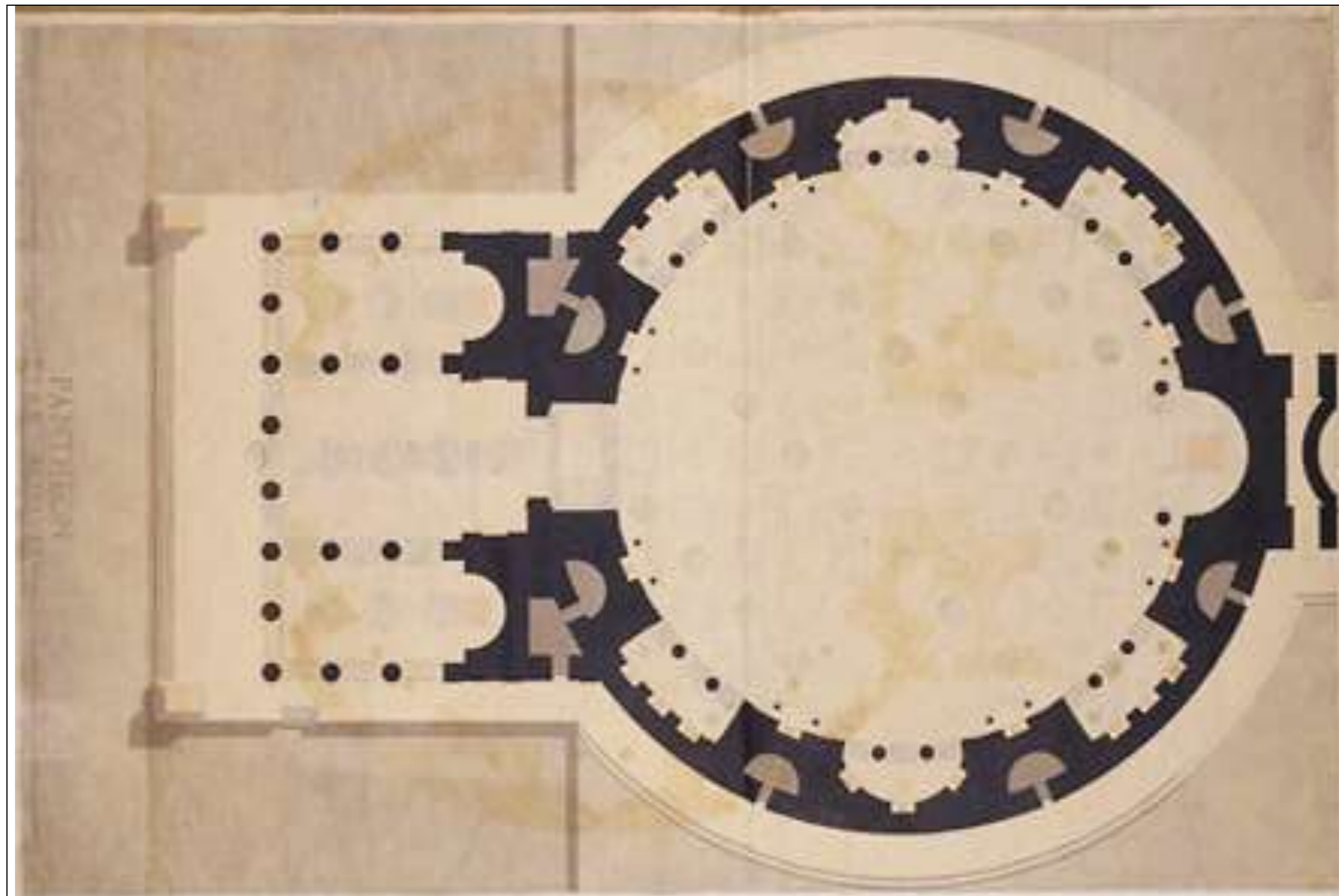
90	Achille Leclère	1813	sezione verticale e dettagli del portico	113 x 101	pantheon e trasformazioni	Env9-06 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
----	-----------------	------	--	-----------	---------------------------	---



91	Achille Leclère	1813	sezione delle cappelle e dettagli della costruzione del portico	118 x 101	pantheon e trasformazioni	Env9-07 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
----	-----------------	------	---	-----------	---------------------------	---



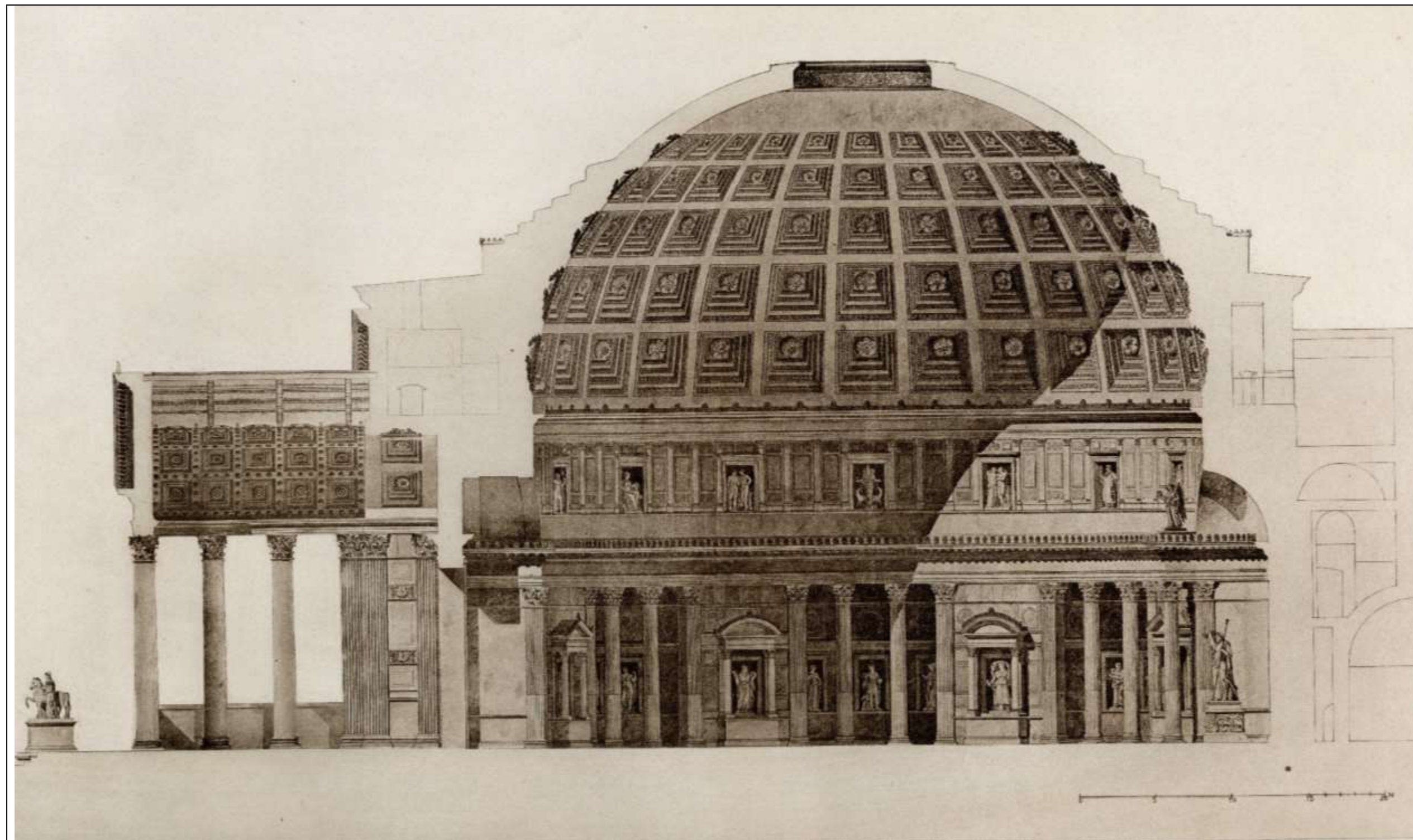
92	Achille Leclère	1813	sezione ricostruttiva del portico	67 x 102	pantheon antico	Env9-08 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
----	-----------------	------	-----------------------------------	----------	-----------------	---



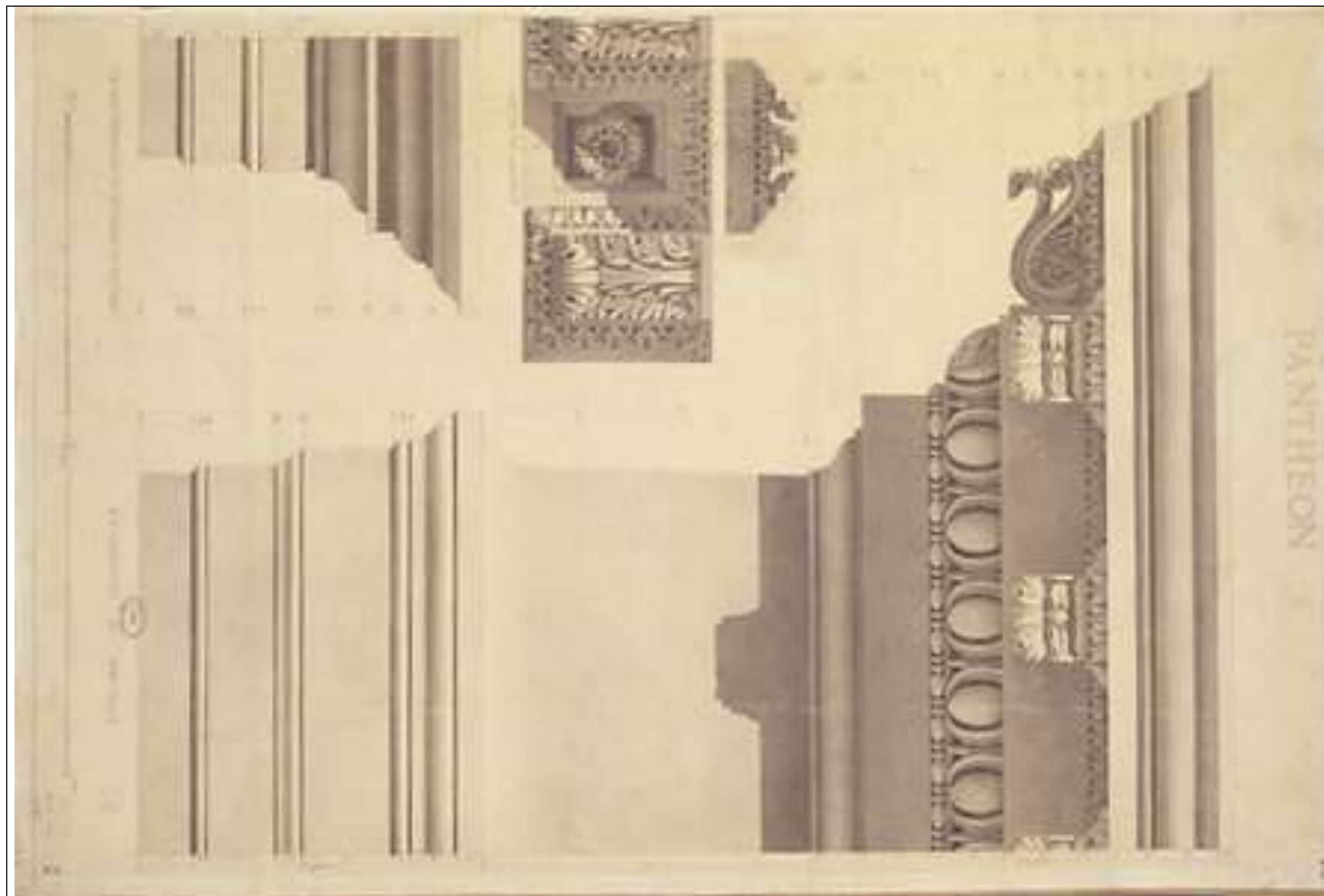
93	Achille Leclère	1813	pianta ricostruttiva	101 x 139	pantheon antico	Env9-09 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
----	-----------------	------	----------------------	-----------	-----------------	---



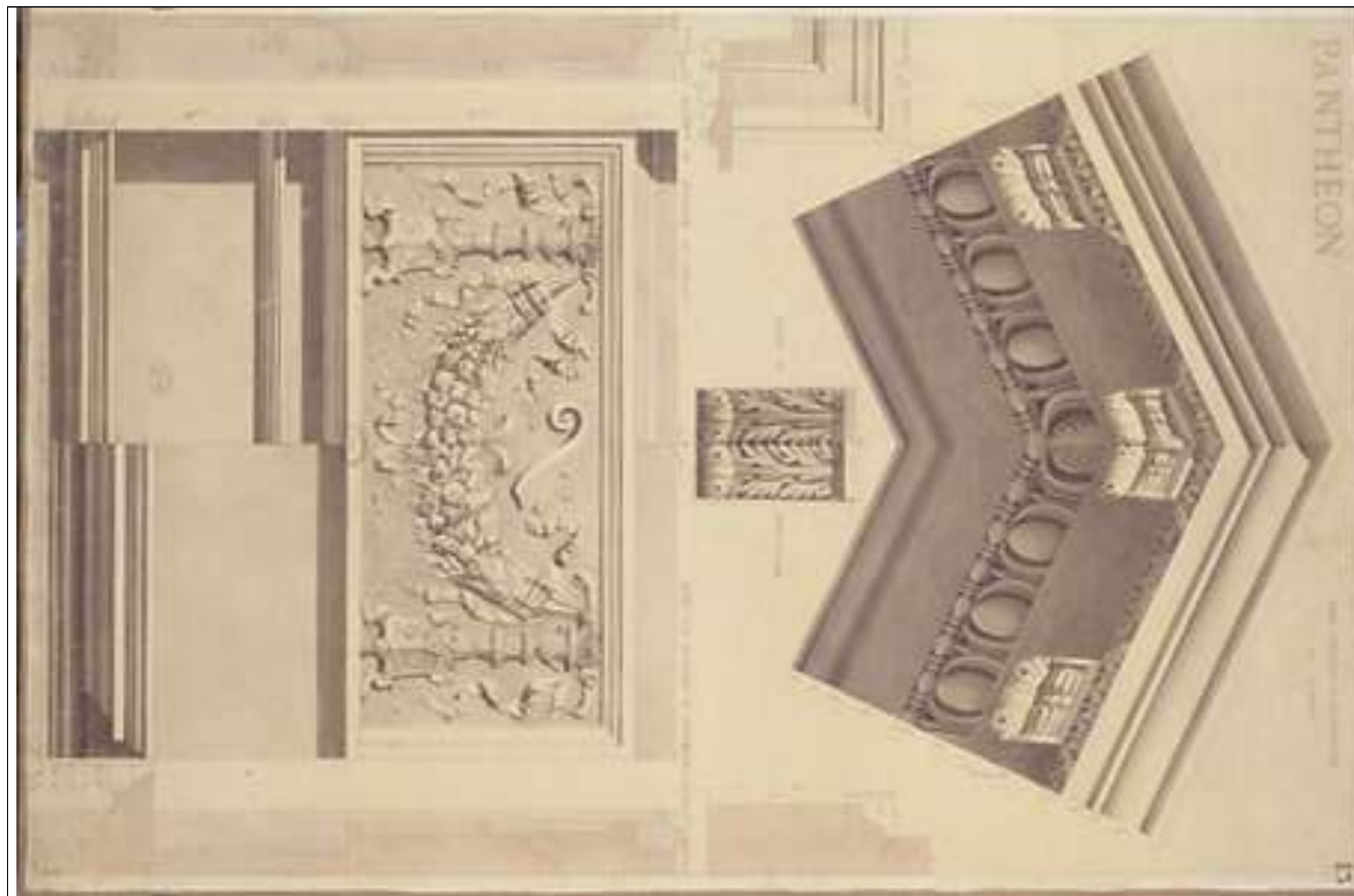
94	Achille Leclère	1813	prospetto nord ricostruttivo	117 x 105	pantheon antico	Env9-10 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
----	-----------------	------	------------------------------	-----------	-----------------	---



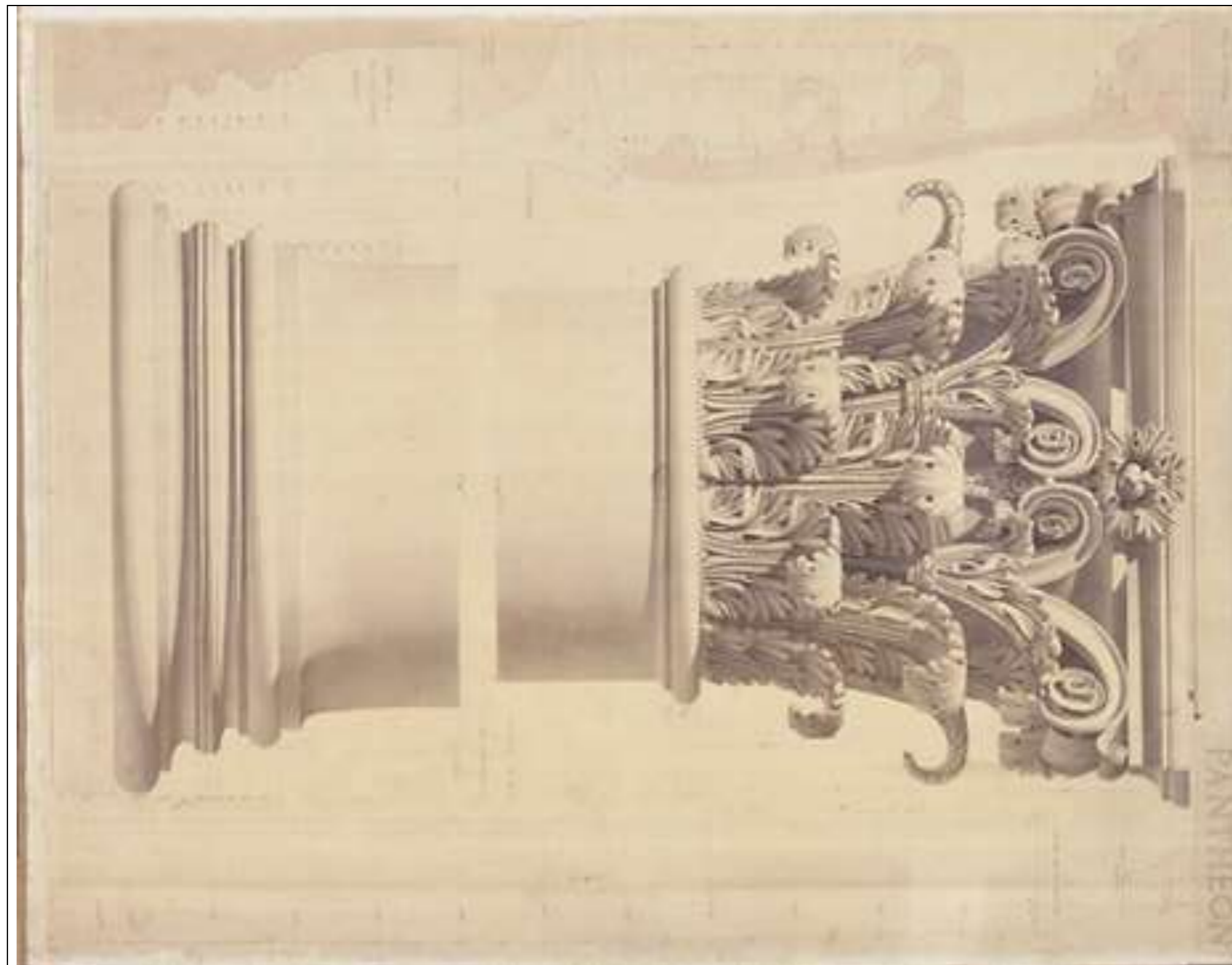
95	Achille Leclère	1813	sezione longitudinale ricostruttiva	135 x 101	pantheon antico	Env9-11 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
----	-----------------	------	-------------------------------------	-----------	-----------------	---



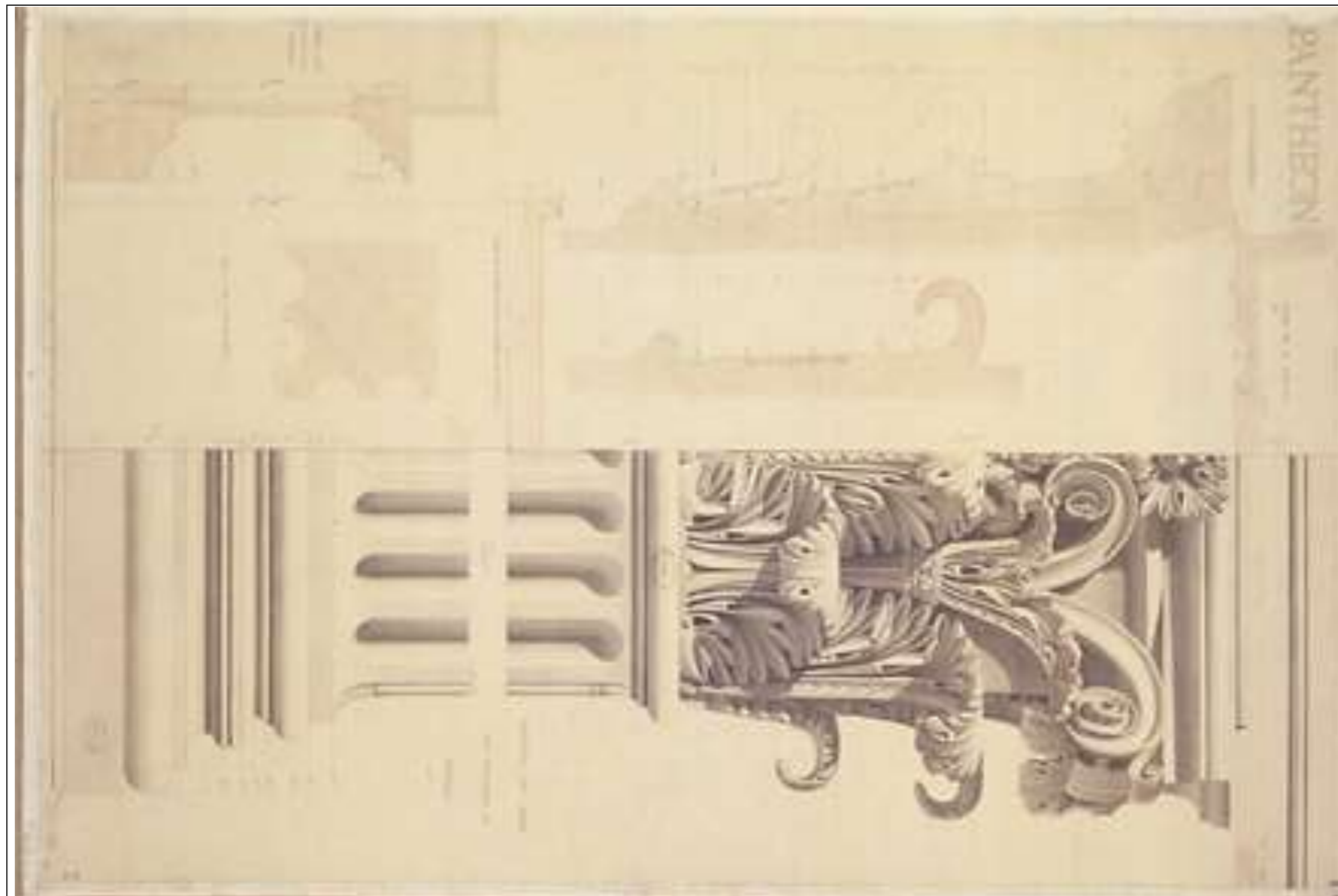
96	Achille Leclère	1813	Dettagli delle cornici del portico	67 x 102	pantheon antico	Env9-12 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
----	-----------------	------	------------------------------------	----------	-----------------	---



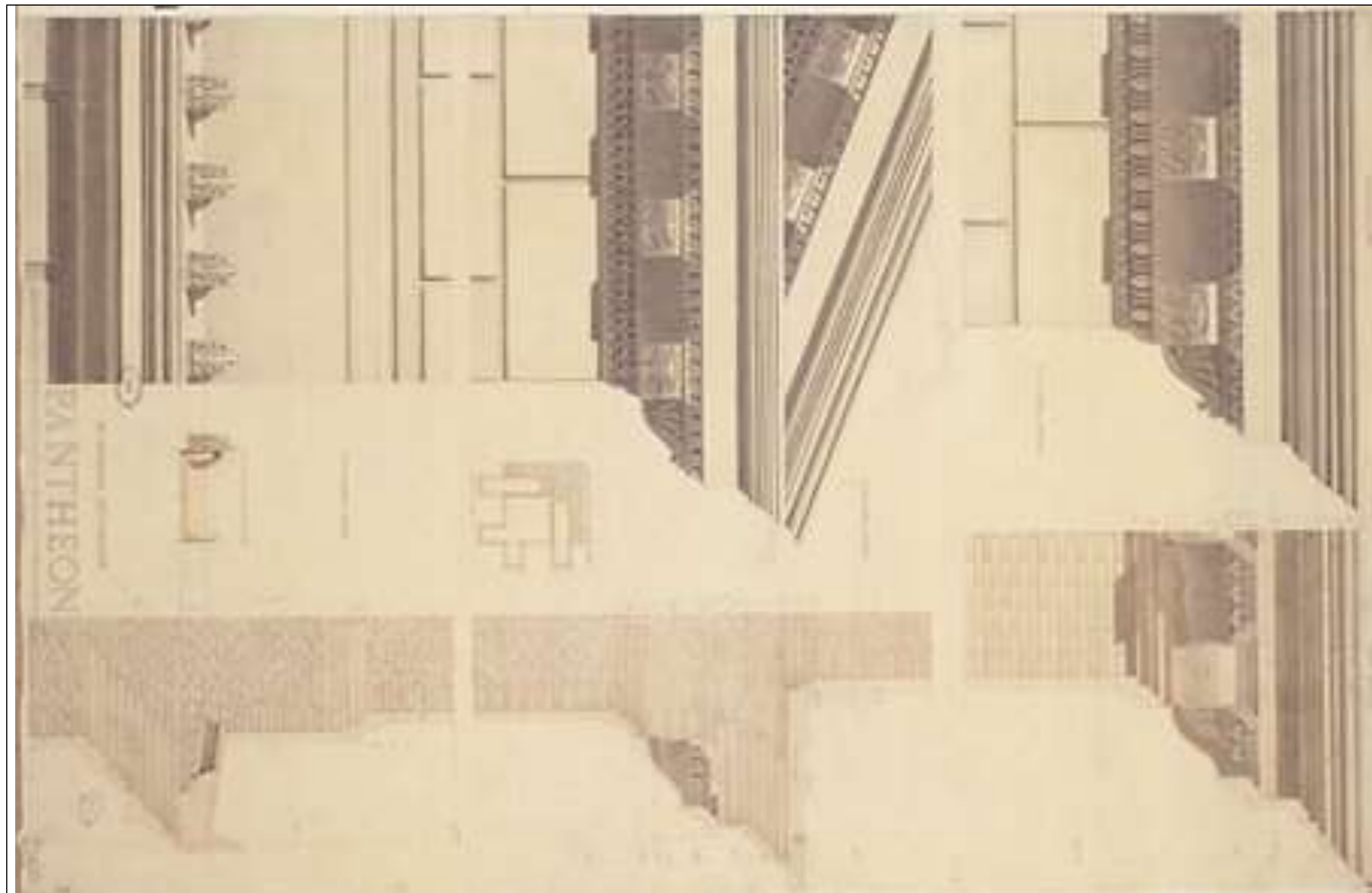
97	Achille Leclère	1813	prospetto del timpano	67 x 103	pantheon antico	Env9-13 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
----	-----------------	------	-----------------------	----------	-----------------	---



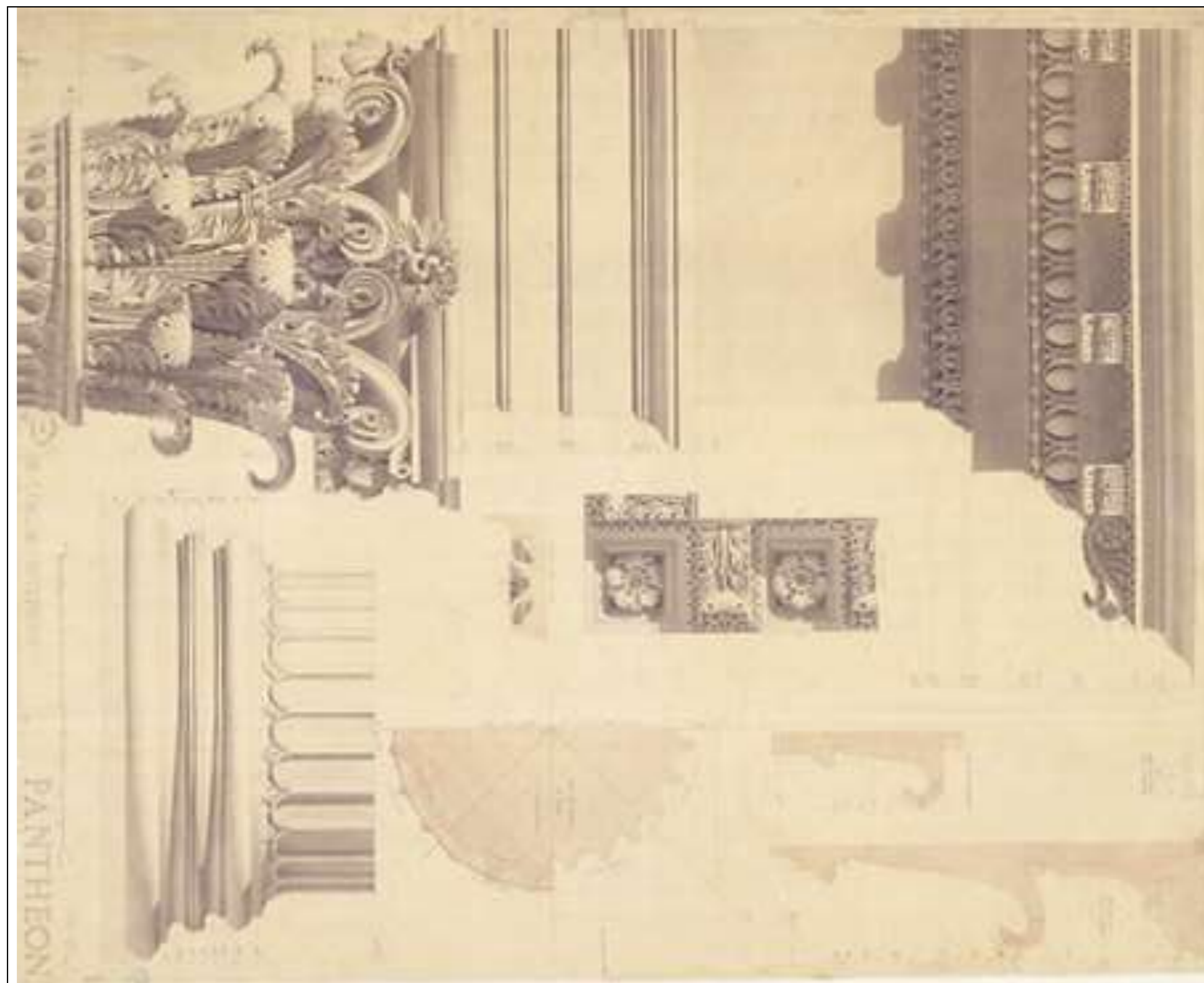
98	Achille Leclère	1813	prospetto e sezione del capitello del portico	102 x 130	pantheon antico	Env9-14 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
----	-----------------	------	---	-----------	-----------------	---



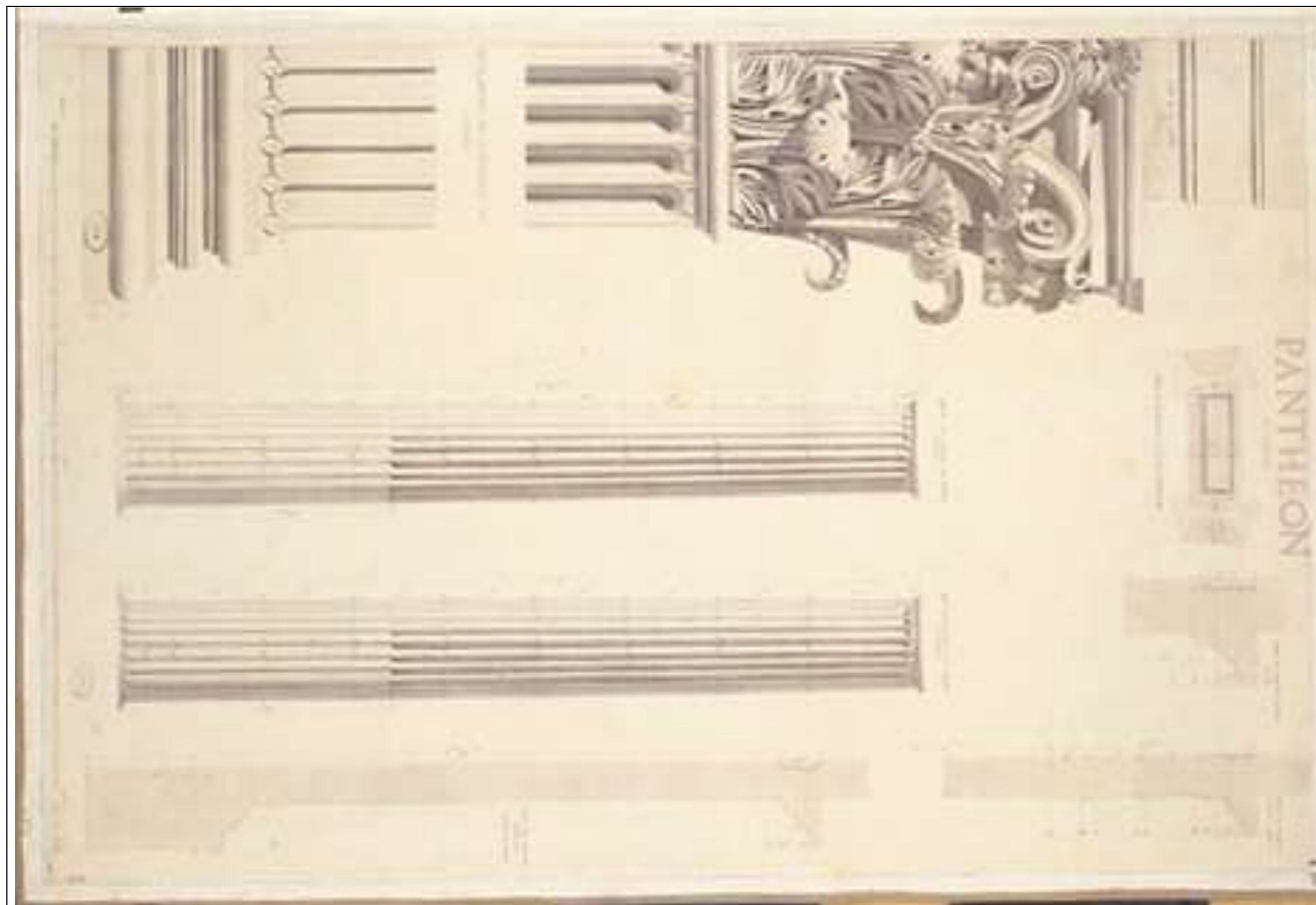
99	Achille Leclère	1813	prospetto e sezione delle paraste del portico	67 x 102	pantheon antico	Env9-15 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
----	-----------------	------	---	----------	-----------------	---



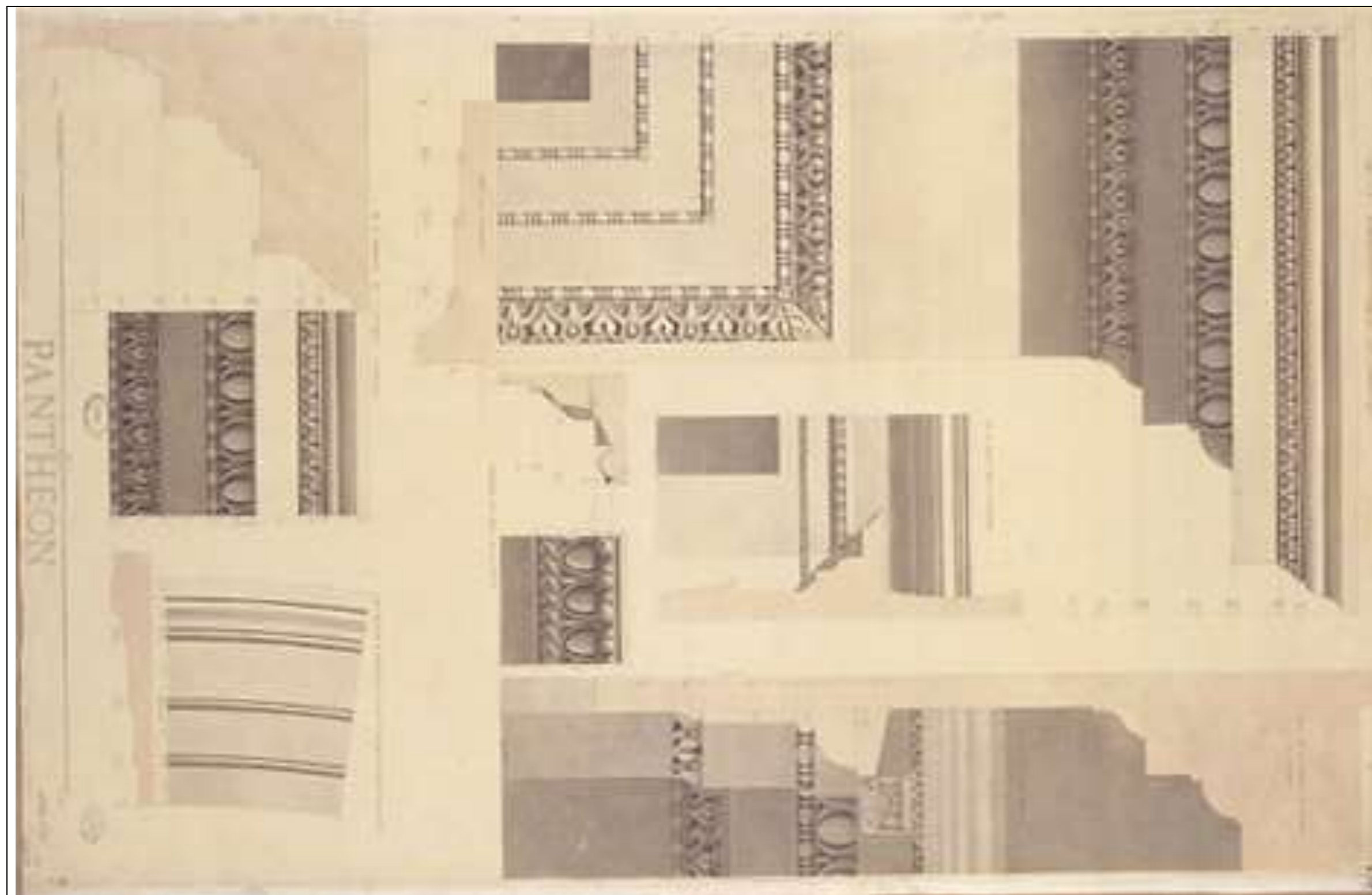
100	Achille Leclère	1813	prospetto e sezioni delle cornici del portico	68 x 130	pantheon antico	Env9-16 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
-----	-----------------	------	---	----------	-----------------	---



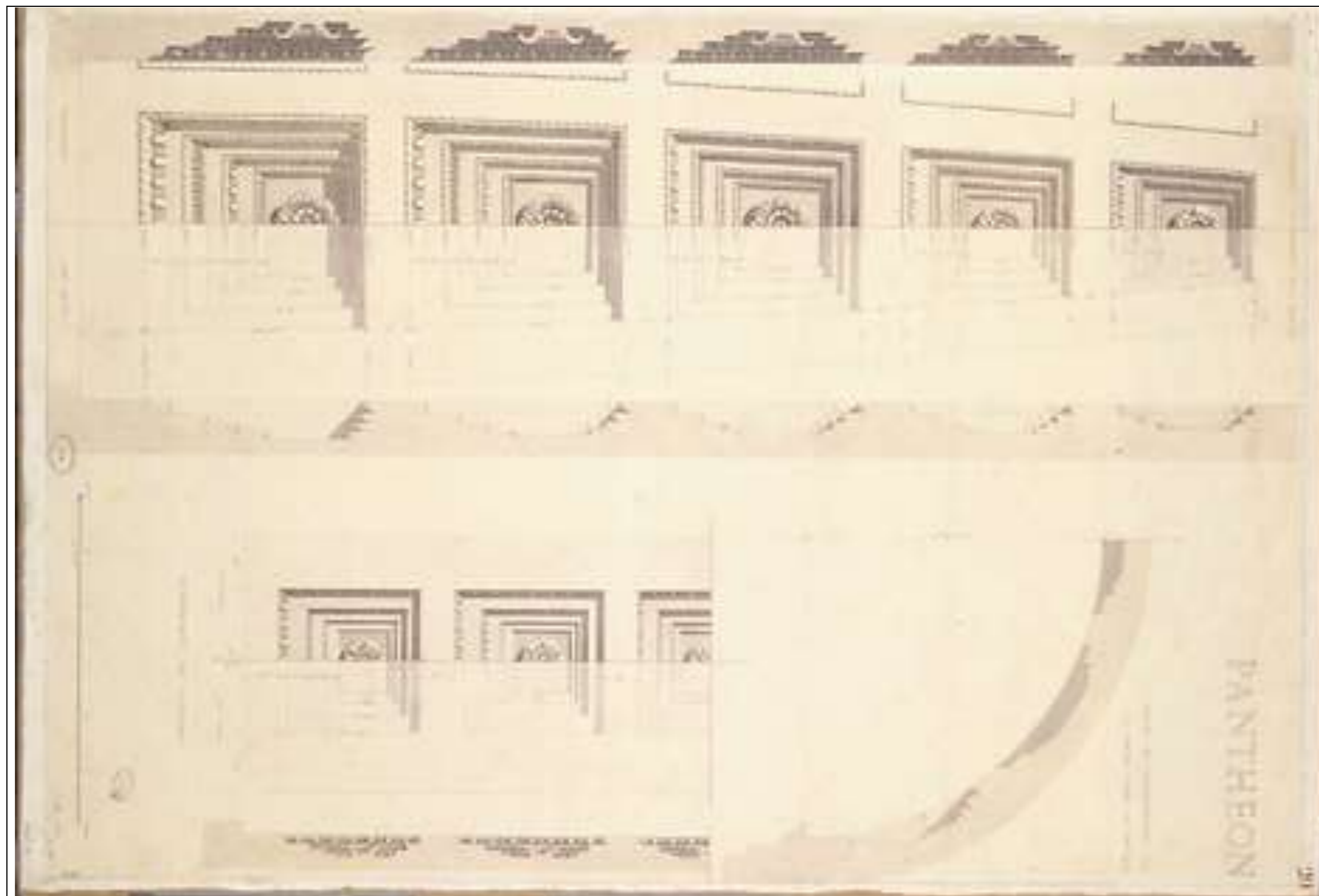
101	Achille Leclère	1813	prospetto e sezione dell'ordine interno, capitello e trabeazione	122 x 102	pantheon antico	Env9-17 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
-----	-----------------	------	--	-----------	-----------------	---



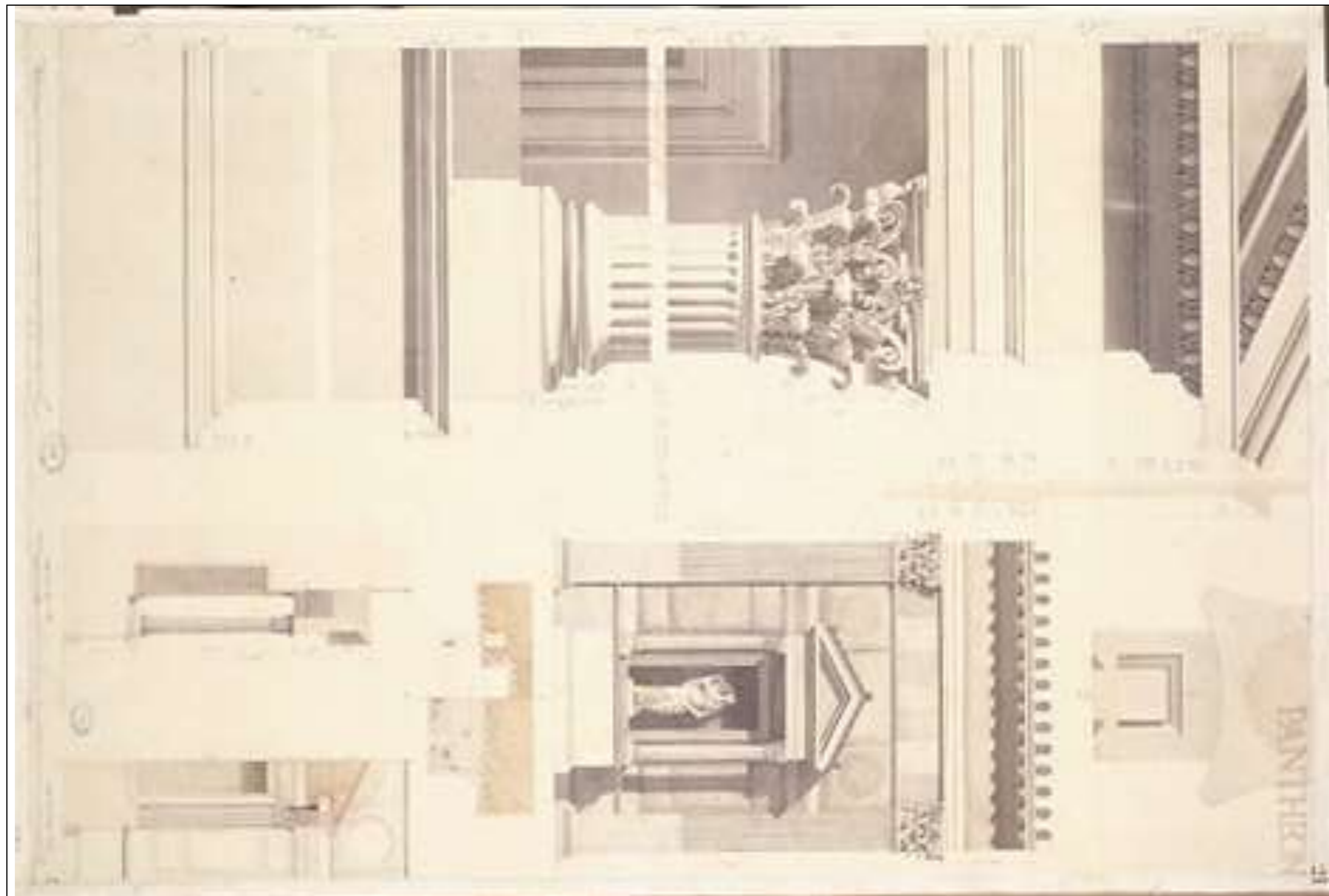
102	Achille Leclère	1813	prospetto e sezione delle paraste interne	68 x 105	pantheon antico	Env9-18 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
-----	-----------------	------	---	----------	-----------------	---



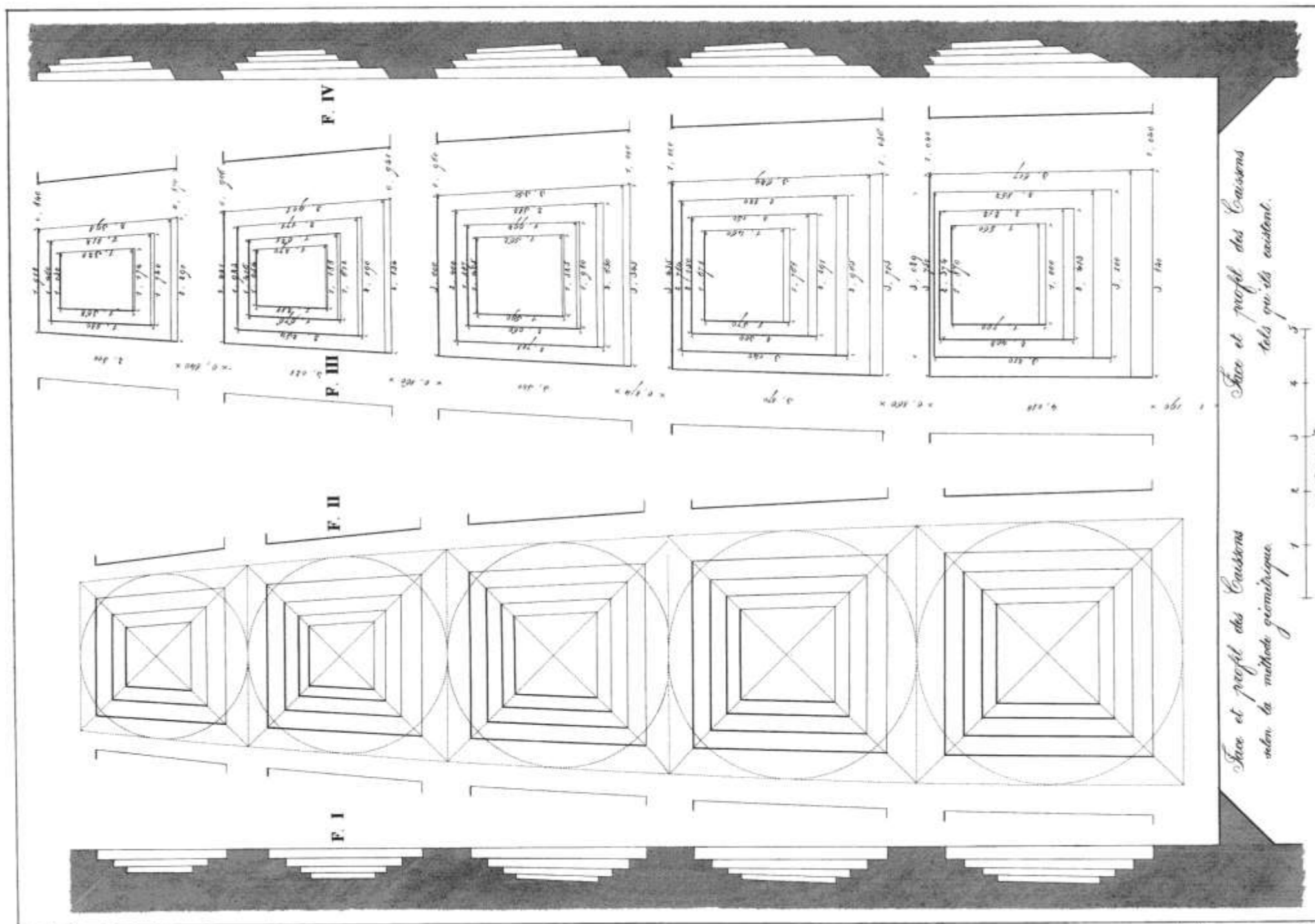
103	Achille Leclère	1813	dettagli del portone d'ingresso	68 x 102	pantheon antico	Env9-19 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
-----	-----------------	------	---------------------------------	----------	-----------------	---



104	Achille Leclère	1813	sviluppo dei cassettoni della cupola	68 x 100	pantheon antico	Env9-20 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
-----	-----------------	------	--------------------------------------	----------	-----------------	---



105	Achille Leclère	1813	prospetti e sezioni degli altari	68 x 101	pantheon antico	Env9-21 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
-----	-----------------	------	----------------------------------	----------	-----------------	---



*Face et profil des Caissons
selon la méthode géométrique.*

*Face et profil des Caissons
tels qu'ils existent.*

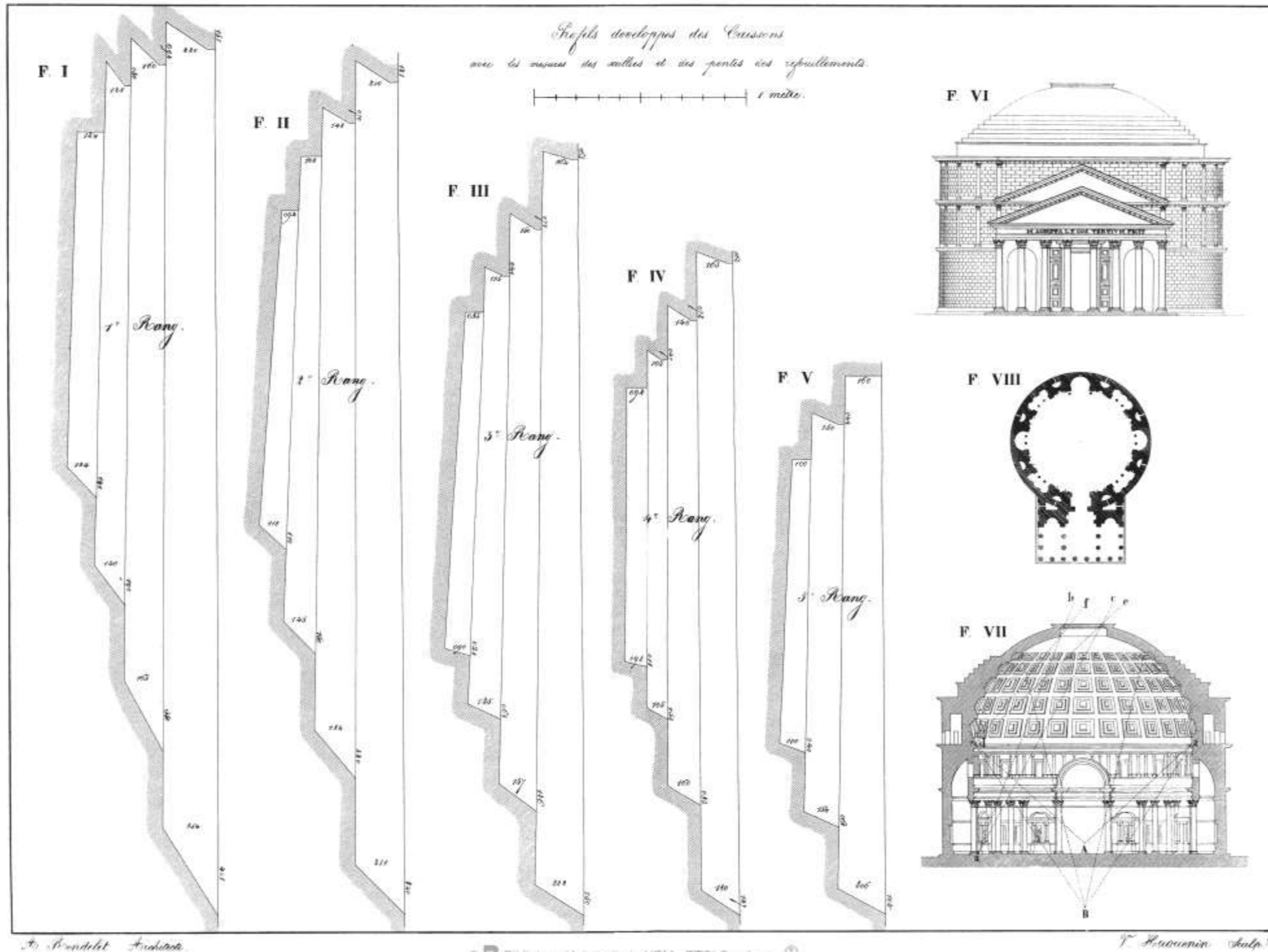
A. Rondelet Architecte.

V. Guignin del.

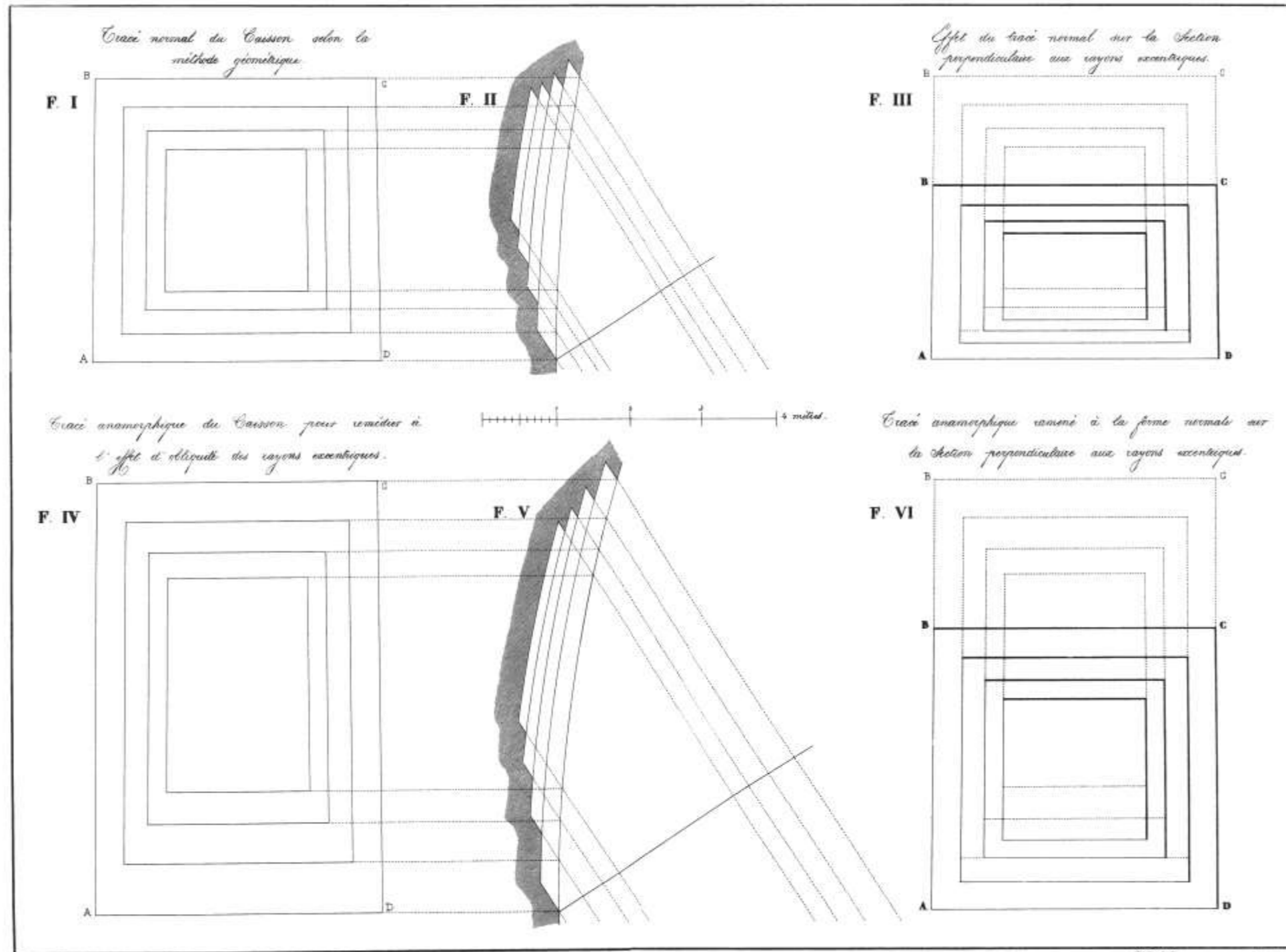
106	Antoine Jean Baptiste Rondelet	1860	Sviluppo della cupola con dettaglio della geometria dei cassettoni	-	pantheon antico	Tavola I Rondelet 1860
-----	--------------------------------	------	--	---	-----------------	------------------------

ÉTUDE SUR LA COUPOLE DU PANTHÉON DE ROME.

PLANCHE II.



107	Antoine Jean Baptiste Rondelet	1860	Sezione dei cassettoni, pianta, prospetto e sezione del Pantheon	-	pantheon antico	Tavola II Rondelet 1860
-----	--------------------------------	------	--	---	-----------------	-------------------------



A. Rondelet Architecte.

V. Huguenot Sculp.^r

© Biblioteca Universitaria UPM · ETSI Caminos

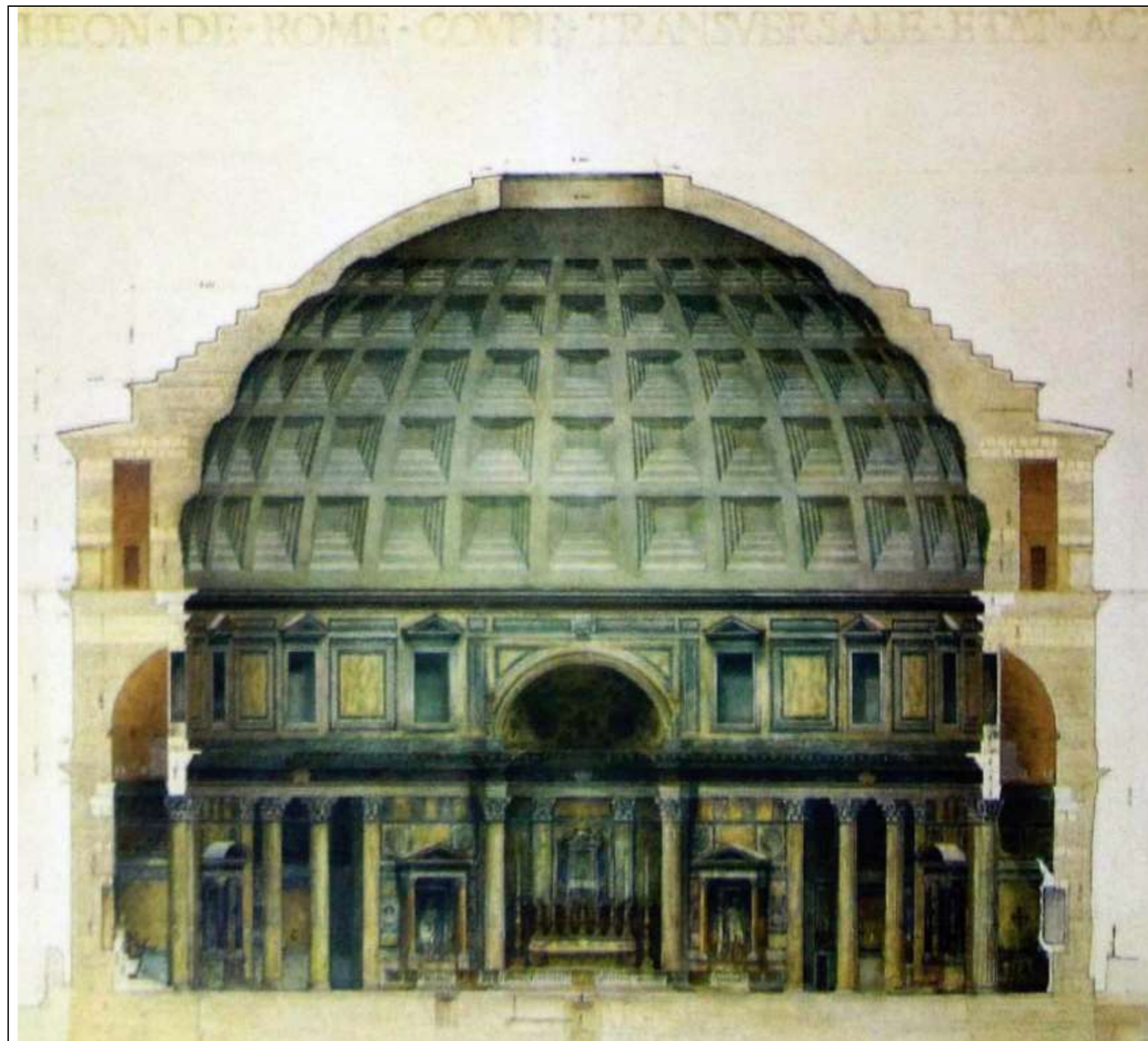
108	Antoine Jean Baptiste Rondelet	1860	Studio sulla geometria del cassettoni	-	pantheon antico	Tavola III Rondelet 1860
-----	--------------------------------	------	---------------------------------------	---	-----------------	--------------------------



109	George Chedanne	1892	prospetto nord	132 x 104	pantheon e trasformazioni	Env82-01 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
-----	-----------------	------	----------------	-----------	---------------------------	--



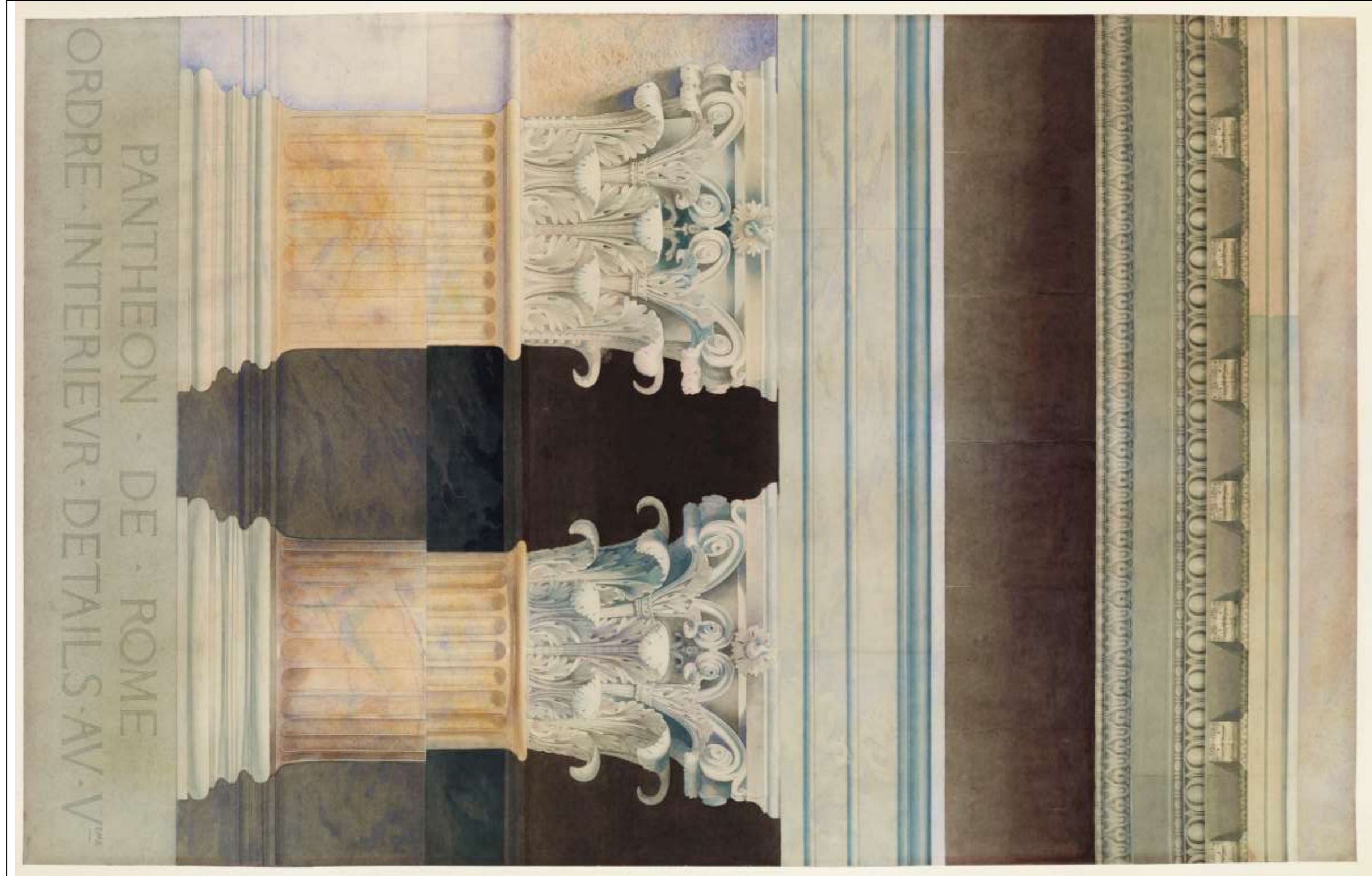
110	George Chedanne	1892	prospetto ovest	164 x 104	pantheon e trasformazioni	Env82-02 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
-----	-----------------	------	-----------------	-----------	---------------------------	--



111	George Chedanne	1892	sezione trasversale	136 x 105	pantheon e trasformazioni	Env82-03 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
-----	-----------------	------	---------------------	-----------	---------------------------	--



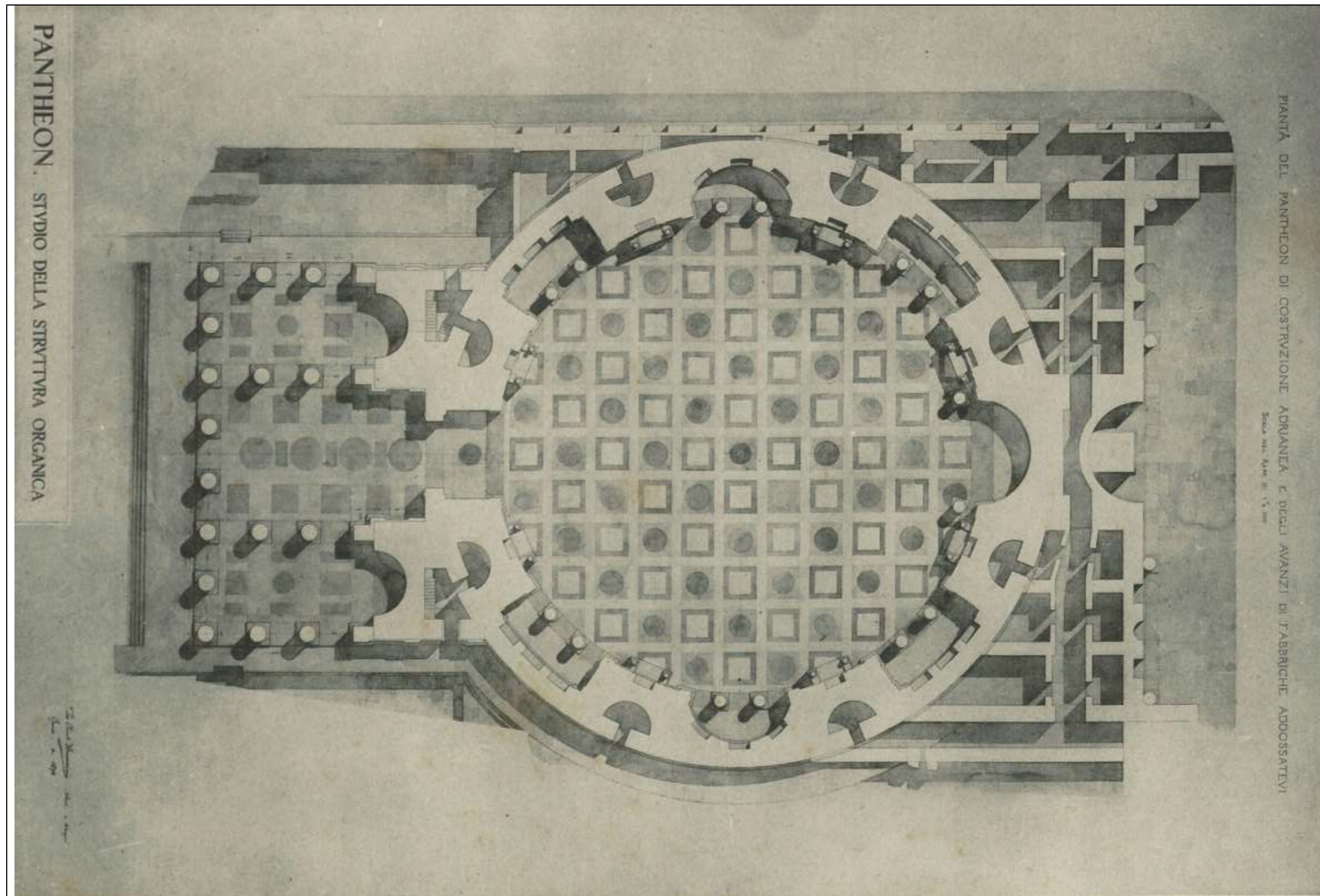
112	George Chedanne	1892	sezione longitudinale	164 x 104	pantheon e trasformazioni	Env82-04 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
-----	-----------------	------	-----------------------	-----------	---------------------------	--



113	George Chedanne	1892	prospetto dettaglio dell'ordine architettonico interno, capitello e basi	90 x 138	pantheon e trasformazioni	Env82-06 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
-----	-----------------	------	--	----------	---------------------------	--



114	George Chedanne	1892	spaccato assonometrico	129 x 99	pantheon e trasformazioni	Env82-05 Bibliothèque dell'Académie des Beaux-Arts - Paris
-----	-----------------	------	------------------------	----------	---------------------------	--

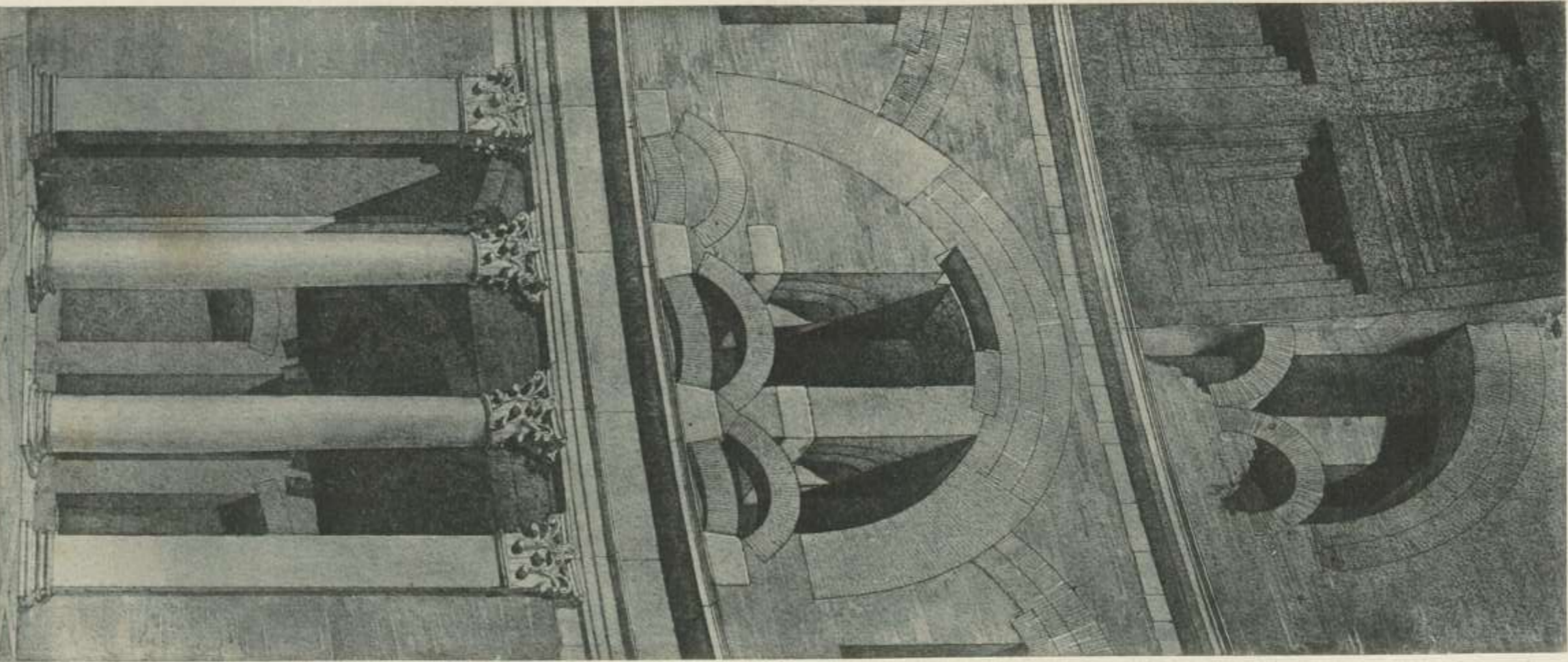


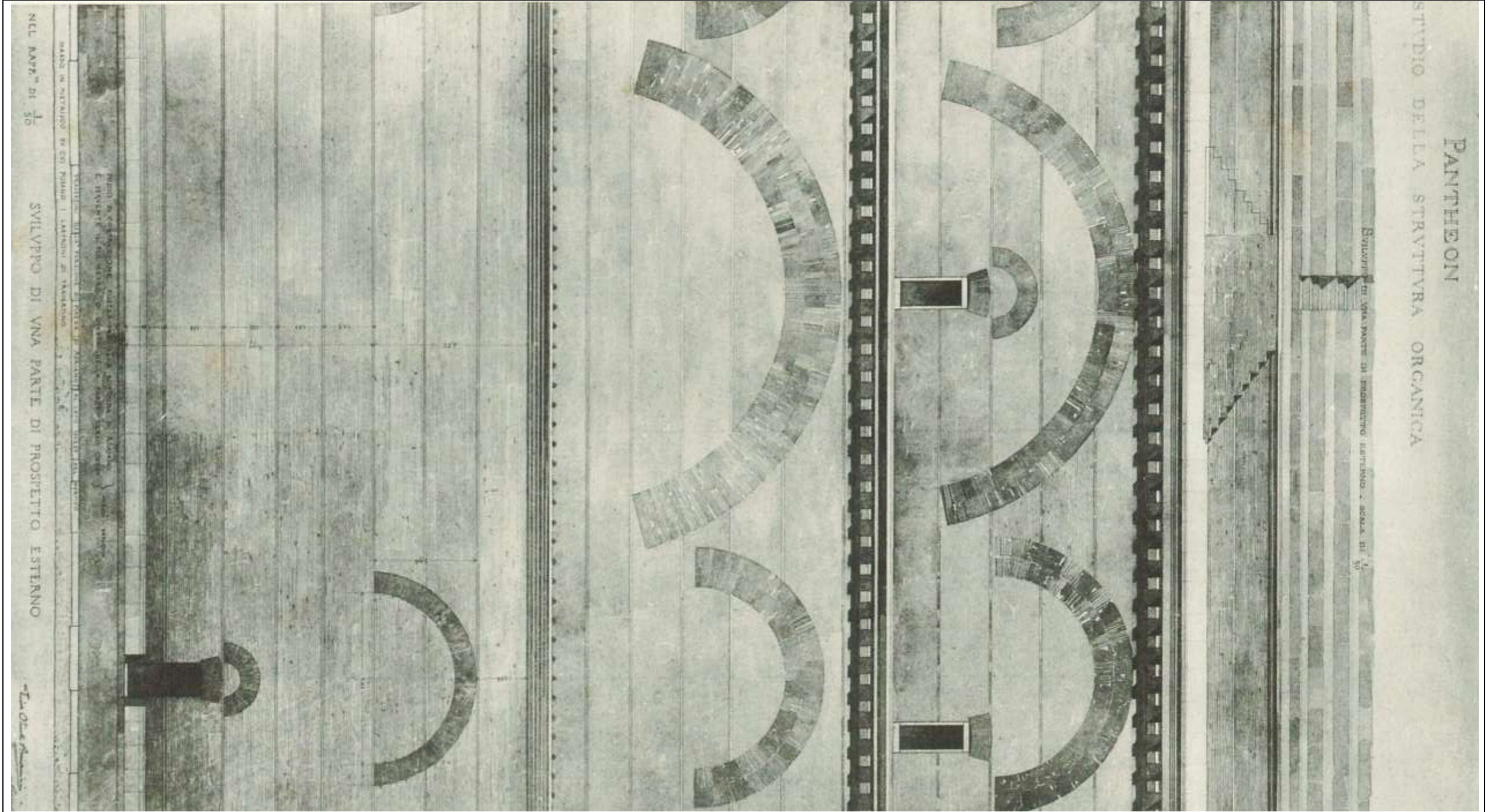
115	Beltrami e Armanini	1892-94	pianta	28 x 40	pantheon antico	Beltrami 1898
-----	---------------------	---------	--------	---------	-----------------	---------------

116	Beltrami e Armanini	1892-94	prospettiva interna	28 x 40	pantheon antico	Beltrami 1898
-----	---------------------	---------	---------------------	---------	-----------------	---------------

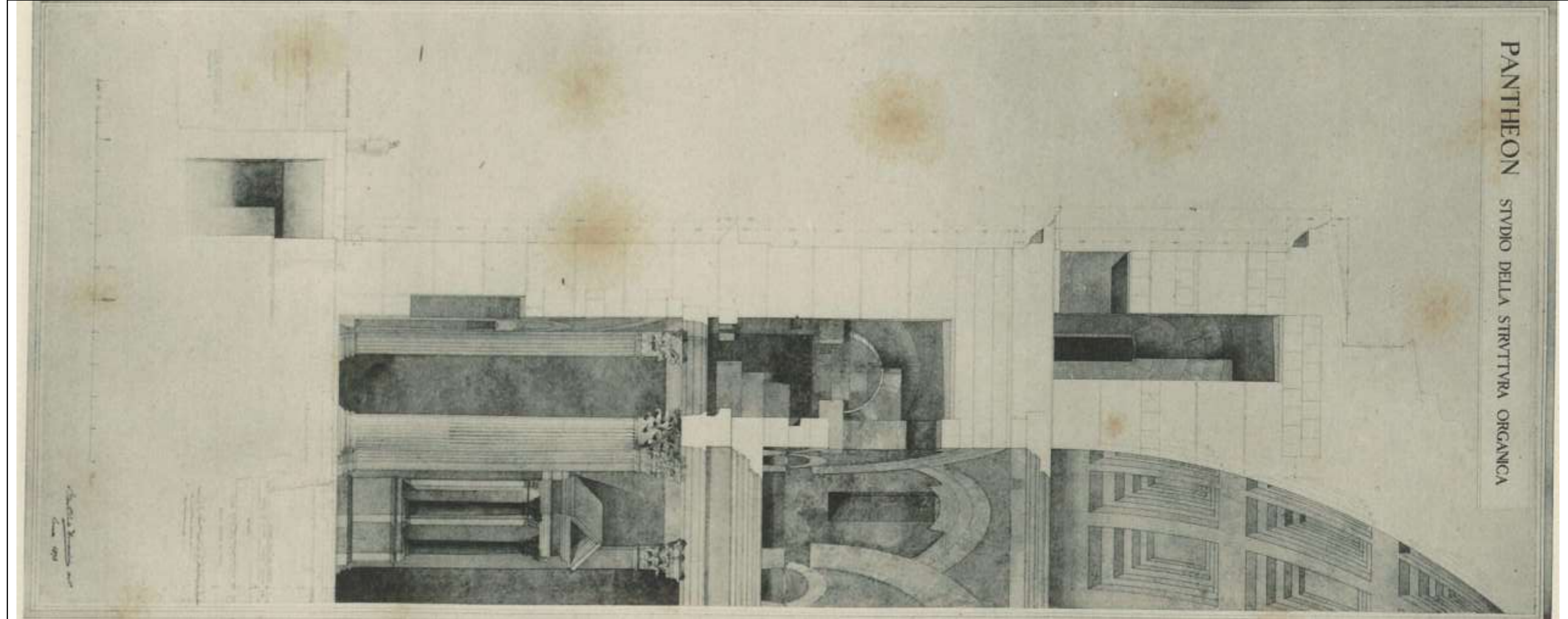
TAVOLA IV. — DISEGNO PROSPETTICO DELLA STRUTTURA INDICATA GEOMETRICAMENTE NELLA TAVOLA IV.

SCHIZZO DIMOSTRATIVO . ARCH. P.O. ARMANINI, 1893

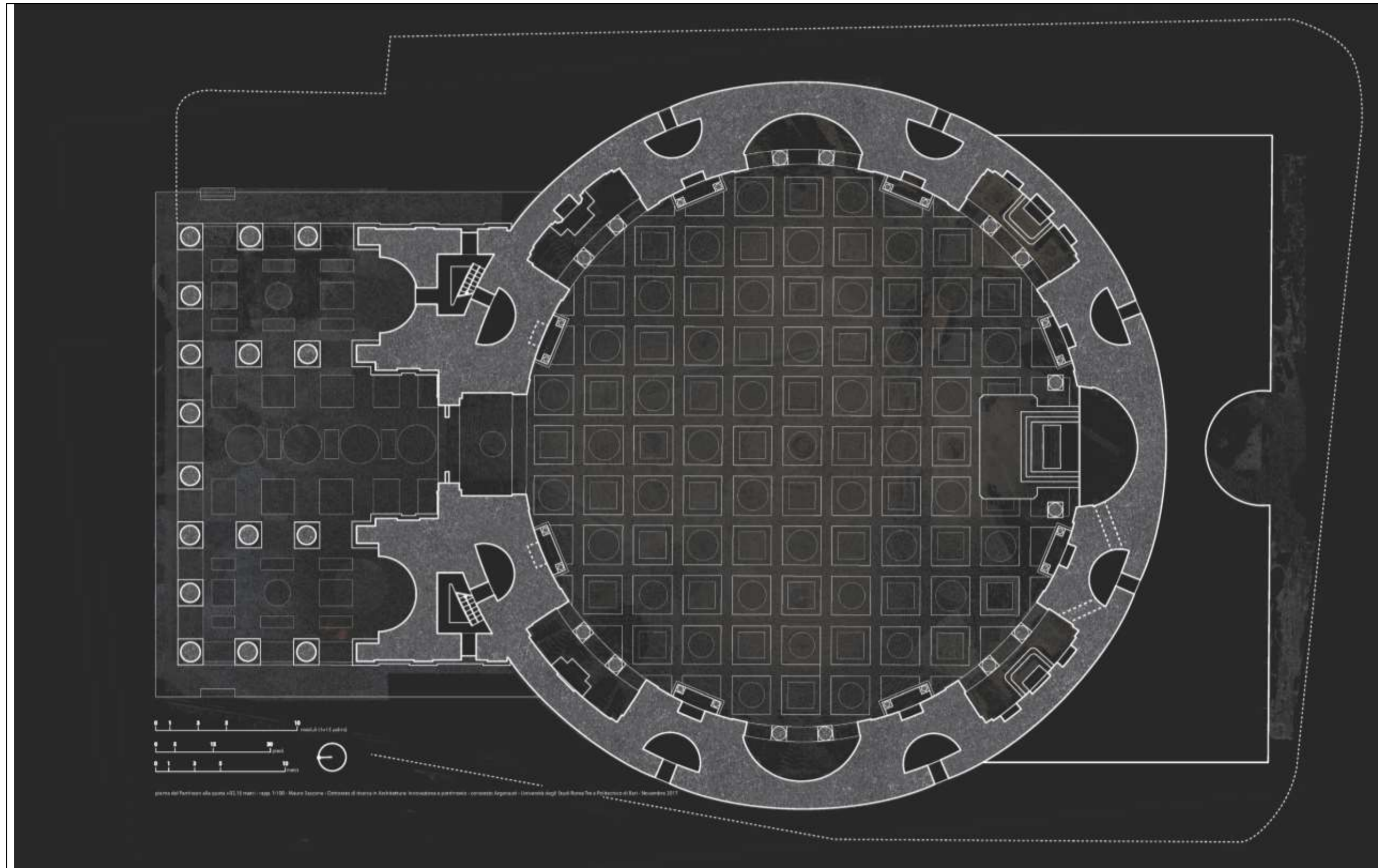




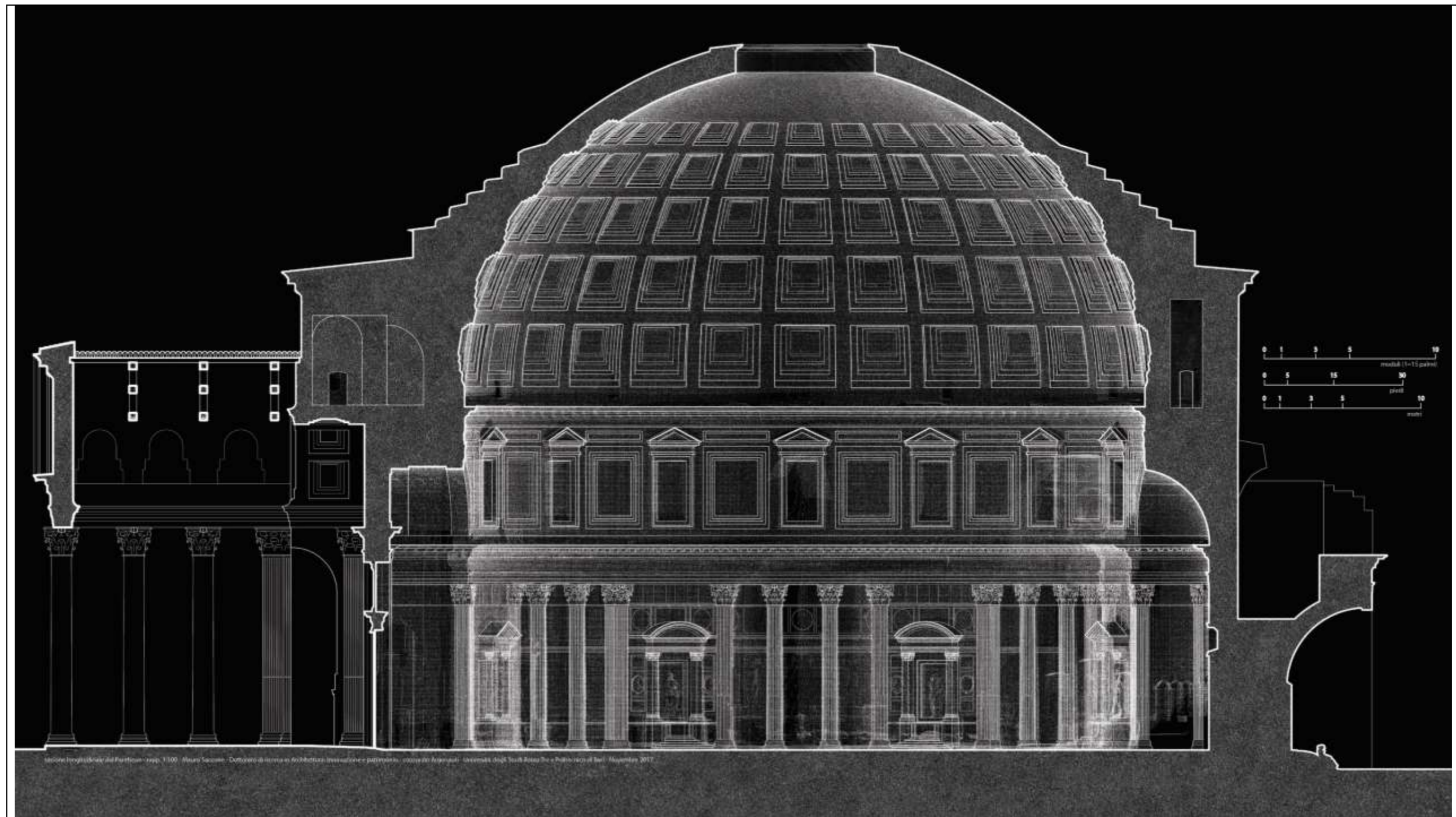
117	Beltrami e Armanini	1892-94	sviluppo del prospetto esterno	28 x 40	pantheon antico	Beltrami 1898
-----	---------------------	---------	--------------------------------	---------	-----------------	---------------



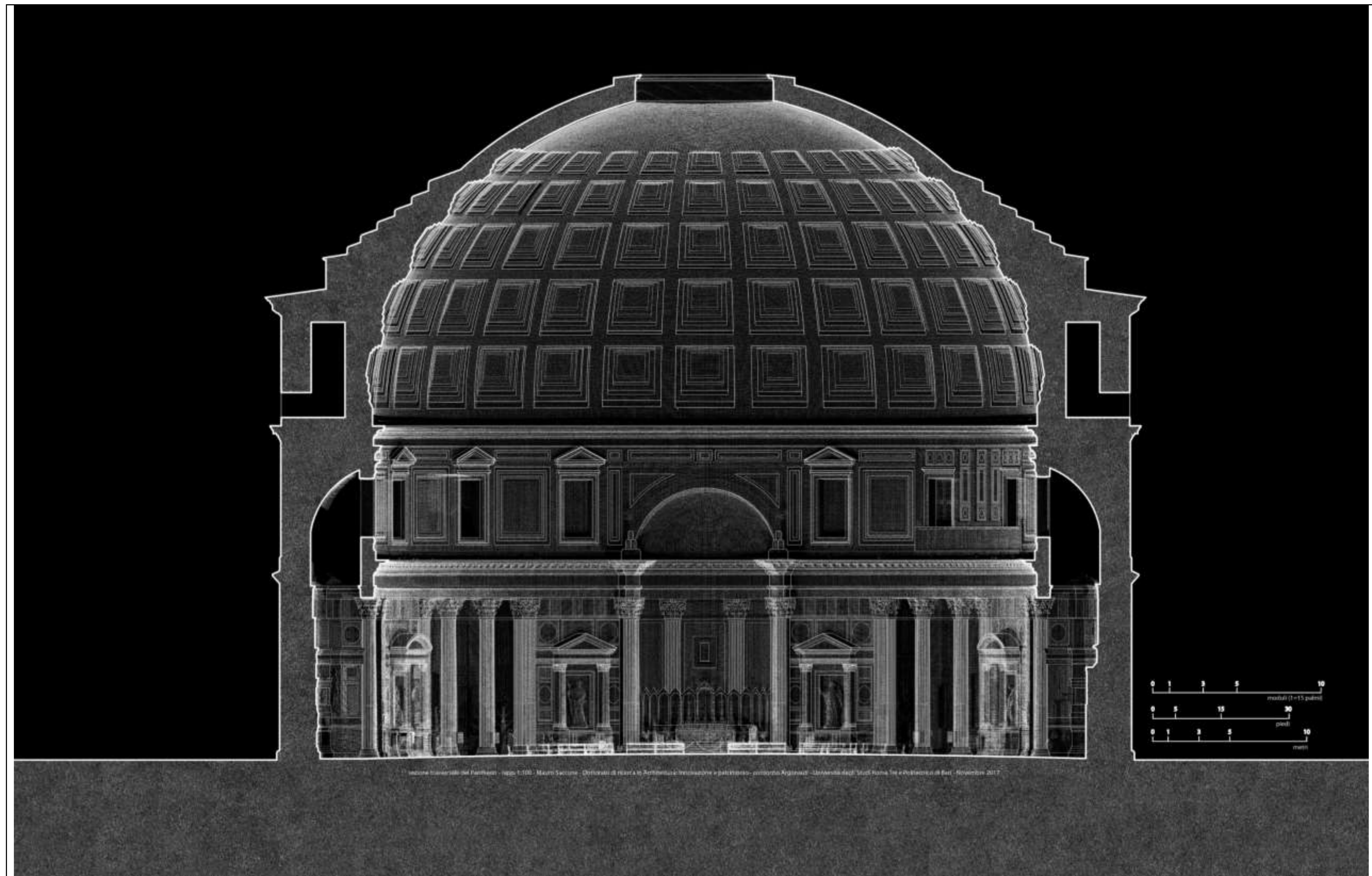
118	Beltrami e Armanini	1892-94	stralcio di sezione trasversale	28 x 40	pantheon antico	Beltrami 1898
-----	---------------------	---------	---------------------------------	---------	-----------------	---------------



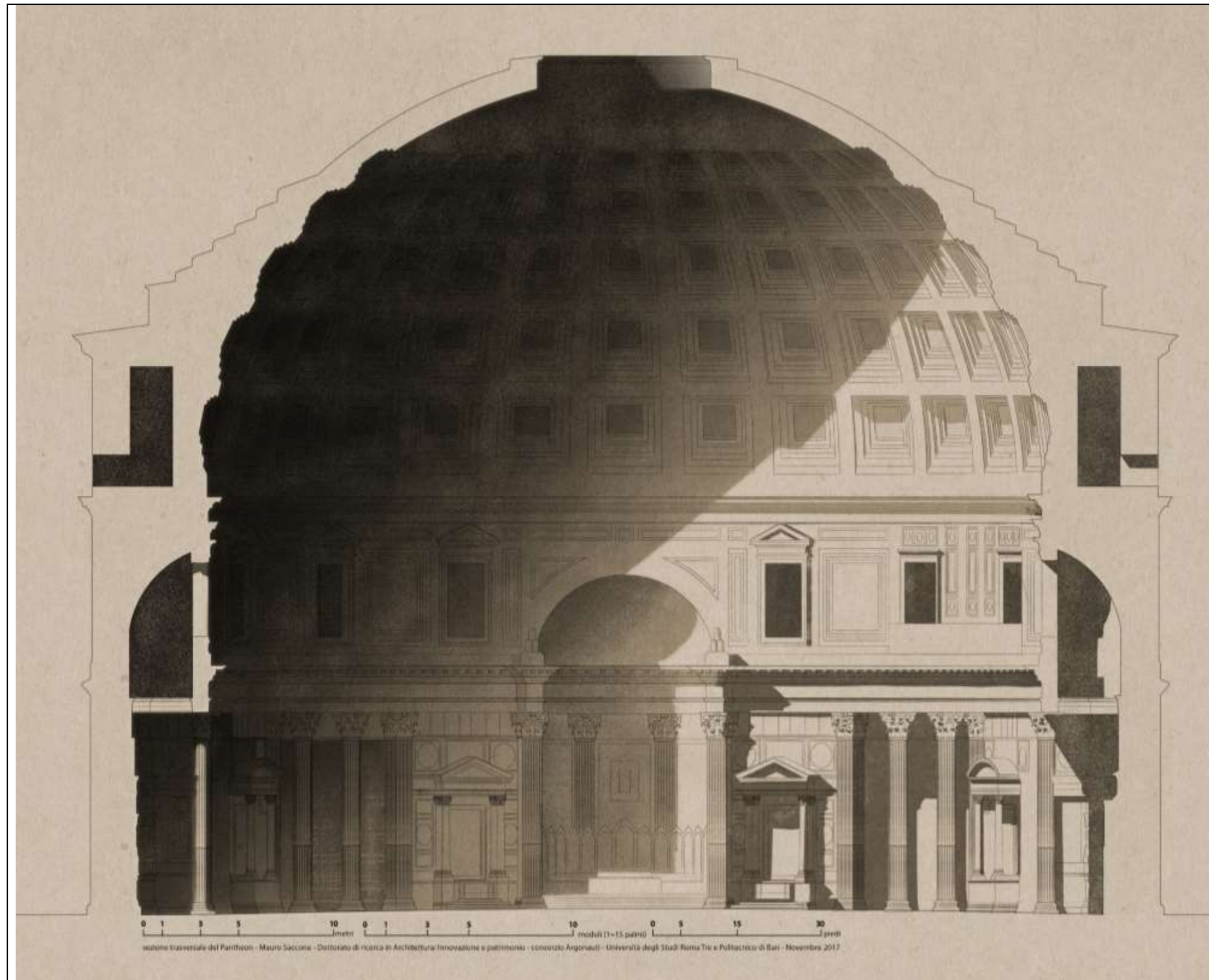
119	Rilievo 2017	2017	pianta	100 x 70	pantheon e trasformazioni	-
-----	--------------	------	--------	----------	---------------------------	---



120	Rilievo 2017	2017	sezione longitudinale	pantheon e trasformazioni	-
-----	--------------	------	-----------------------	---------------------------	---



121	Rilievo 2017	2017	sezione trasversale	pantheon e trasformazioni	-
-----	--------------	------	---------------------	---------------------------	---



122	Rilievo 2017	2017	sezione trasversale con ombre	pantheon e trasformazioni	-
-----	--------------	------	-------------------------------	---------------------------	---

8.2 Bibliografia

AABA

Archives de l'Académie des Beaux-Arts, Institut de France, Paris.

ADAM 2013

J.-P. ADAM, *Roman Building: Materials and Techniques.*, Taylor & Francis, 2013.

ALIBERTI 2013

L. ALIBERTI, *Cúpulas clásicas romanas: geometría y construcción*, in "VIII Congreso Nacional de Historia de la Construcción", pp. 13–22.

ALIBERTI 2015

L. ALIBERTI, M.A. ALONSO-RODRIGUEZ, M. CANCIANI, *New contributions on the dome of the Pantheon in Rome: comparison between the ideal model and the survey model*, ISPRS Archives WG V/4, CIPA 3D-Arch 2015 (XL-5/W4), 2015, pp. 291–297.

ALIBERTI 2017

L. ALIBERTI, M.Á. ALONSO-RODRÍGUEZ, *Geometrical Analysis of the Coffers of the Pantheon's Dome in Rome*, in Nexus Network Journal, 19(2), 2017, pp.363–382.

APOLLONIO-BARONCINI-BALDISSINI 2011

F. APOLLONIO, V. BARONCINI, S. BALDISSINI, *Metodi di modellazione per la costuzione del geodatabase palladiano*, in Metodologie integrate per il rilievo, il disegno la modellazione dell'architettura e della città, Gangemi Editore, Roma, 2011, pag.131.

ATKINSON 2011

K.B. ATKINSON, *Close Range Photogrammetry and Machine Vision*, Whittles, 2011.

AVON 2001

A. AVON, *Su alcuni esempi di scultura e architettura antiche nel Parallèle (1650) di Roland Fréart de Chambray e Charles Errard*. in "Annali di Architettura" rivista del Centro Internazionale di Studi di Architettura Andrea Palladio, 13, Milano 2001, pp. 111–120.

BARTOCETTI 1958

V. BARTOCETTI, *Santa Maria ad Martyres (Pantheon)*, Roma 1958.

BARTOLI 1917

A. BARTOLI, *I monumenti antichi di Roma nei disegni degli Uffizi di Firenze 3.* 3., Roma, Bontempelli, 1917.

BARTOLI 1995

M.T. BARTOLI, *Scaenographia vitruviana, il disegno delle volte a lacunari tra rappresentazione e costruzione*, in *Disegnare, idee e immagini*, n° 9-10, Roma 1995.

BARTOLI 2014

M.T. BARTOLI, *La misura nella geometria che disegna l'architettura*, in Cundari-Migliari, *La geometria descrittiva dalla tradizione alla innovazione*, Aracne, 2015.

BAY ET AL 2008

H. BAY, A. ESS, T. TUYTELAARS, L. VAN GOOL, *Speeded-up robust features (SURF)*, in *Computer vision and image understanding*, 110(3), 2008, pagg.346–359.

BEBA

Bibliothèque de L'Ecole Nationale Supérieure des Beaux-Arts, Paris.

BELARDI 2006

G. BELARDI, *Il Pantheon: storia, tecnica e restauro*, Viterbo 2006.

BELLINI 1998

A. BELLINI, *Luca Beltrami architetto restauratore*, in "Luca Beltrami architetto, Milano tra Ottocento e Novecento", a cura di L. Baldrighi, Milano 1998, pp.92-139.

BELLINI 2005

A. BELLINI, *Luca Beltrami*, in *La cultura del restauro. Teorie e fondatori*, a cura di S. Casiello, Napoli 2005, pp.223-237.

BELLINI 2008

A. BELLINI, *Le carte di Luca Beltrami: un architetto attraverso il suo archivio*, Milano 2008.

BELTRAMI 1898

L. BELTRAMI, *Il Pantheon; la struttura organica della cupola e del sottostante tamburo; le fondazioni della rotonda, dell'avancorpo, e del portico; avanzi degli edifici anteriori alle costruzioni adrianeae. Relazione delle indagini eseguite dal r. ministero della pubblica istruzione negli anni 1892-93; coi rilievi e disegni dell'architetto P. O. Armanini*, Milano 1898.

BELTRAMI 1929

L. BELTRAMI, *Il Pantheon rivendicato ad Adriano 117-138*, Milano 1929.

BERTOCCI-BINI 2012

S. BERTOCCI, M. BINI, *Manuale di rilievo architettonico e urbano*, CittàStudi, 2012.

BIAGETTI 2016

M.T. BIAGETTI, *Un modello ontologico per l'integrazione delle informazioni del patrimonio culturale: CIDOC-CRM.*, in *Italian Journal of Library & Information Science*, 7(3), 2016, pag.

BIANCHINI 2011

C. BIANCHINI, *Modelli discreti e modelli continui nel rilievo e rappresentazione informatizzata dell'architettura*, *Disegnare idee immagini*, 22, 2011, pagg.51–60.

BIANCHINI 2014

C. BIANCHINI, *Rilievo 2.0: nuove tecnologie, nuovi strumenti, nuovi rilevatori?* in *Italian Survey & International Experience*, Gangemi Editore, Roma 2014.

BIANCHINI ET AL 2014

C. BIANCHINI, F. BORGOGNI, A. IPPOLITO, L.J. SENATORE, *Rilevare e rappresentare l'Archeologia: verso una sistematizzazione*. in *Vitruvio e l'archeologia*, 2014, pp. 147-172.

BLOCH 1937-38

H. BLOCH, *I bolli laterizi e la storia edilizia romana*, in "Bollettino Commissione Archeologica Comunale di Roma", 64, 1937-38, pp.1-353.

BLONDEL 1675

N. F. BLONDEL, *Cours d'architecture enseigné dans l'Académie royale d'architecture*, Paris 1675-1683.

BLONDEL 1747

J. F. BLONDEL, *Discours sur la manière d'étudier l'Architecture et les Arts qui sont relatifs à celui de bâtir, prononcé par M. Blondel, architecte à Paris, à l'ouverture de son deuxième cours public sur l'Architecture, le 16 juin 1747*", Paris 1747, pp.57-74

BOATO-MORICONI 2001

A. BOATO, M. MORICONI, *Mesures et projets architecturaux*, in "Histoire & mesure", XVI, 3/4, Paris 2001, pp.213–234.

BONACINI 2014

E. BONACINI, *La realtà aumentata e le app culturali in Italia: storie da un matrimonio in mobilità/Augmented reality and cultural apps in Italy: stories on a marriage in mobility*, in *Il capitale culturale. Studies on the Value of Cultural Heritage*, (9), 2014, pagg.89–121.

BORSI 1985

S. BORSI, *Giuliano da Sangallo: i disegni di architettura e dell'antico*, Roma, Officina Edizioni, 1985.

BOSIO 1967

L. BOSIO "Proposta per la realizzazione di uno strumento per misure lineari romane", in *Atti dell'Ist. Veneto di Scienze, Lettere e Arti*, CXXV, pp. 1-38, 1966-1967.

BOTTARI 1754

G.G. BOTTARI, *Raccolta delle sculture e pitture sagre estratte dai cimiteri di Roma, pubblicate già dagli autori della Roma Sotterranea*, Roma 1754.

BRUNEL 1976

G. BRUNEL, *Piranèse et les Français: 1740-1790*, Rome 1976.

BRUSAPORCI ET AL 2012

S. BRUSAPORCI, M. CENTOFANTI, R. CONTINENZA, I. TRIZIO, *Sistemi Informativi Architettonici per la gestione, tutela e fruizione dell'edilizia storica*, 2012

CAIROLI GIULIANI 1986

F. CAIROLI GIULIANI, *Archeologia: documentazione grafica*, Roma, De Luca, 1986.

CAIROLI GIULIANI 1990

F. CAIROLI GIULIANI, *L'edilizia nell'antichità*, Roma, NIS, 1990.

CAIROLI GIULIANI 2014

F. CAIROLI GIULIANI, *Problemi strutturali dell'avancorpo del Pantheon*, in "Annali della pontificia insigne Accademia di Belle Arti e lettere dei virtuosi al Pantheon", 14, Roma 2014, pp. 385-409.

CAIROLI GIULIANI 2015

F. CAIROLI GIULIANI, *Problemi costruttivi del Pantheon e della c.d. Basilica Neptuni F. Filippi*, in "Campo Marzio: nuove ricerche" atti del Seminario di studi sul Campo Marzio, Roma, 18-19 marzo 2013, Roma 2015.

CAIROLI GIULIANI 2016

F. CAIROLI GIULIANI, *Il quadro fessurativo nello studio dei monumenti antichi*, in *Quaderni di Archeologia e di Cultura Classica* n°6, Tiburis Artistica, Tivoli, 2016.

- CANCIANI-SACCONE 2011
M. CANCIANI, M. SACCONE, *The Use Of 3d Models In Integrated Survey: The Church Of St. Thomas Of Villanova In Castel Gandolfo*. in: Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XXXVIII-5/W16, 591-597, 2001.
- CANCIANI-FALCOLINI-SPADAFORA 2012,
M. CANCIANI, C. FALCOLINI, G. SPADAFORA, *From complexity of architecture to geometrical rule. The case study of the dome of San Carlino alle Quattro Fontane in Rome*. In: X Forum internazionale di studi Le vie dei Mercanti, collana fabbrica della conoscenza n° 16, Napoli, La Scuola di Pitagora, 2012.
- CANCIANI ET AL 2013 A
M. CANCIANI, C. FALCOLINI, M. SACCONE, G. SPADAFORA, *From point clouds to architectural models: Algorithms for shape reconstruction*, in: Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XL-5/W1, 27-34, 2013.
- CANCIANI ET AL 2013 B
M. CANCIANI, C. FALCOLINI, M. SACCONE, G. SPADAFORA, *The architectural 3D survey vs archaeological 3D survey*, In Digital Heritage International Congress (DigitalHeritage), 2013, IEEE, 2013., pagg. 765–765.
- CANCIANI ET AL 2014 A
M. CANCIANI, C. FALCOLINI, M. SACCONE, G. SPADAFORA, *From point cloud to archaeology: the case study of Villa dei Misteri in Pompeii*, in: XII Forum internazionale di studi Le vie dei Mercanti, collana fabbrica della conoscenza n° 46, Napoli, La Scuola di Pitagora, 2014
- CANCIANI-ET-AL. 2014 B
M. CANCIANI, C. FALCOLINI, M. BUONFIGLIO, S. PERGOLA, M. SACCONE, B. MAMMÌ, G. ROMITO, *Virtual Anastylis of the Arch of Titus at Circus Maximus in Rome*, in International Journal of Heritage in the Digital Era, 3(2), pagg. 393–411, 2014.
- CANCIANI 2015
M. CANCIANI, *Il disegno della cupola del San Carlino alle Quattro Fontane di Borromini: ovale canonico?* in: DISEGNARECON, 8(15), 1-12, 2015.
- CANCIANI -SACCONE 2016
M. CANCIANI, M. SACCONE, *The representation of cultural heritage from traditional drawing to 3d survey: The case study of Casamary's Abbey*, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLI-B5, 199-205, 2016.
- CANCIANI -ET-AL. 2016
M. CANCIANI, E. CONIGLIARO, M. DEL GRASSO, P. PAPALINI, M. SACCONE, *3d survey and augmented reality for cultural heritage. the case study of Aurelian wall at Castra Praetoria in Rome*, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLI-B5, 931-937, 2016.

- CANCIANI-PASTOR-SACCONE. 2017
M. CANCIANI, M. PASTOR ALTABA, M. SACCONE, *Ricostruzione virtuale e realtà aumentata: il caso di studio dell'Arco di Tito al Circo Massimo*, in *Bullettino della Commissione Archeologica Comunale di Roma*, in stampa, 2017.
- CANINA ET AL 2008
M. R. CANINA, I. CELINO, E. FRUMENTO, A. PAGANI, N. SIMEONI, *Beni culturali: lo sviluppo del settore passa dall'ICT*, in *Beltel*, 130, 2008, pagg.8–13.
- CANINA-VALADIER 1843
L. CANINA, G. VALADIER, *Aggiunte e correzioni all'opera sugli edifizii antichi di Roma dell'architetto A. Desgodets, procurate in parte dal Cav. G. Valadier, compite e dichiarate dal Cav. L. Canina*, Roma 1843.
- CARANDINI-CARAFÀ 2013
A. CARANDINI, P. CARAFÀ, *Atlante di Roma antica: biografia e ritratti della città*, Milano 2013.
- CARDONE 2014
V. CARDONE, *Viaggiatori d'architettura in Italia: da Brunelleschi a Charles Garnier*, Salerno 2014.
- CARDONE 2014A
V. CARDONE, *Monge e la scuola politecnica*, in Cundari-Migliari, *La geometria descrittiva dalla tradizione alla innovazione*, Aracne, 2015.
- CASSIO DIONE TRAD. 1823
C. CASSIO DIONE, TRAD L. BOSSI, G. VIVIANI, G. SIFILINO, *Istorie romane di Dione Cassio Coccejano*, Tip. Sonzogno, 1823.
- CELLAURO-RICHAUD 2010
L. CELLAURO, G. RICHAUD, *Mesure et exactitude: Le module d'Antoine Desgodets pour ses relevés de monuments antiques*, In *Revue de l'Art*, 170(4), 2010, pagg.65–74.
- CERASOLI 1909
F. CERASOLI, *I restauri del Pantheon dal secolo XV al XVIII*, In *Bullettino della Commissione Archeologica Comunale di Roma*, Roma 1909, pp.280–289.
- CHAVE 2011
I. CHAVE, *Après le prix de Rome. La formation à l'Académie de France à Rome sous le directorat d'Horace Vernet (1829-1834), à travers sa correspondance*, in "Romantisme", 153, Paris 2011, pp.11–41.

- CIANCIO ROSSETTO-PISANI SARTORIO-UGINET 1992
P. CIANCIO ROSSETTO, G. PISANI SARTORIO, F.-C. UGINET, *Roma Antiqua, «envois» degli architetti francesi 1786-1901, grandi edifici pubblici*, Roma 1992.
- CIL 1970
Corpus Inscriptionum Latinarum (CIL), a cura di Matthaeus Della Corte, Berlino 1970.
- CIPRIANI-CONSOLI-PASQUALI 2007
A. CIPRIANI, G.P. CONSOLI, S. PASQUALI, *Contro il barocco: apprendistato a Roma e pratica dell'architettura civile in Italia 1780-1820*, Roma 2007.
- CLINI-ET-AL 2014
Clini, P., Quattrini, R., Nespeca, R., & Sagone, L. *Colore, riflettanza e temperatura*, in *Cultura e scienza del colore*, n°2, 2014.
- CLAPPERTON 2014
R.H. CLAPPERTON, *The Paper-making Machine: Its Invention, Evolution, and Development*, 2014.
- CLEMENT 1861
P. CLEMENT, *Lettres, instructions et mémoires de Colbert. 1. 1650-1661 / publ. d'après les ordres de l'Empereur... par Pierre Clément*, Paris 1861.
- COLINI-GISMONDI 1926
A.M. COLINI, I. GISMONDI, *Contributi allo studio del Pantheon. La parte frontale dell'avancorpo e la data del portico*, in *Bollettino Commissione Archeologica Comunale*, LIV, Roma 1926, pp.67-92.
- COZZO 1929
G. COZZO, *Un primitivo atrio meridionale del Pantheon ed una crisi statica dell'edificio rivelata da nuove indagini*, in "*Bollettino d'arte del Ministero della Pubblica Istruzione*", I, Roma 1929, pp.291-309.
- COZZO 1970
G. COZZO, *Ingegneria romana: maestranze romane, strutture preromane, strutture romane, le costruzioni dell'anfiteatro Flavio, del Pantheon, dell'emissario del Fucino*, Seconda edizione, Roma 1970.
- CROSNIER LECONTE 2011
M.-L. CROSNIER LECONTE, *Dessins d'école, bibliothèques d'ateliers : une affaire de copies*, In "*Collections électroniques de l'INHA. Actes de colloques et livres en ligne de l'Institut national d'histoire de l'art*" a cura di J.-P. Garric, Paris 2011.

CRUCIANELLI 2007

P. CRUCIANELLI, *I restauri al Pantheon dall'unità d'Italia al secondo dopoguerra*, "Bullettino della Commissione archeologica comunale di Roma", 108, Roma 2007, pp.1-43.

CUNDARI-MIGLIARI 2014

C. CUNDARI, R. MIGLIARI, *La geometria descrittiva dalla tradizione alla innovazione*, Aracne, 2014.

DAVID DE PÉANRUN -DELAIRE-ROUX 1907

L.T. DAVID DE PÉANRUN, E.A. DELAIRE, L.F. ROUX, *Les architectes élèves de l'Ecole des beaux-arts 1793-1907*, Paris 1907.

DE LUCA 2011

L. DE LUCA, *Verso la caratterizzazione semantica di rappresentazioni digitali di artefatti architettonici: linee programmatiche di ricerca*, Disegnarecon, 4(8), 2011, pagg.99–106.

DE SANCTIS 2015

A. DE SANCTIS, *Rilievo dell'Architettura: una condotta per l'analisi e l'interpretazione*, DISEGNARECON, 8(14), 2015, pagg.25–1.

DEBENEDETTI 1987

E. DEBENEDETTI, *Valadier e Napoleone: diario architettonico*, in "Villes et territoire pendant la période napoléonienne (France et Italie)", 96, 1, Roma 1987, pp.519–551.

DECARLO ET AL 2003

D. DECARLO, A. FINKELSTEIN, S. RUSINKIEWICZ, A. SANTELLA, *Suggestive contours for conveying shape*, in ACM Transactions on Graphics (TOG), 22(3), 2003, pagg.848–855.

DELL'UNTO ET AL 2016

N. DELL'UNTO, G. LANDESCI, A.M.L. TOUATI, M. DELLEPIANE, M. CALLIERI, D. FERDANI, *Experiencing ancient buildings from a 3D GIS perspective: a case drawn from the Swedish Pompeii Project*, *Journal of archaeological method and theory*, 23(1), 2016, pagg.73–94.

DESGODETS 1676-77

A. DESGODETS, *Recueil des études d'architectures que j'ay fait à Rome pendant l'espace de seize mois que j'y ay demeuré dans les années 1676 et 1677*, Manuscrit autographe, Paris 1676-1677.

DESGODETS 1682

A. DESGODETS, *Edifices antiques de Rome dessinés et mesurés très exactement par Antoine Desgodets architecte*, Paris 1682.

DESGODETS 1716

A. DESGODETS, *Traité des ordres de l'architecture / par M. Desgodets architecte du Roy, et professeur de l'Académie royale ; recueillies par Jean Pinard, élève et étudiant de l'Académie royale d'architecture*, Paris 1716.

DESGODETS 1771

A. DESGODETS, *Les edifices antiques de Rome : Par Antoine Desgodets: publiés en deux tomes, par George Marshall, architecte. = The ancient buildings of Rome; by Antony Desgodets: published in two volumes, by George Marshall, Architect*, London 1771.

DILKE 1971

O.A.W. DILKE, *The Roman land surveyors: an introduction to the agrimensores*, David and Charles, 1971.

DOCCI-CHIAVONI-FILIPPA 2011

M. DOCCI, E. CHIAVONI, M. FILIPPA, *Metodologie integrate per il rilievo, il disegno, la modellazione dell'architettura e della città: ricerca prin 2007*, Roms, Gangemi, 2011.

DOCCI-CHIAVONI-PAOLINI 2007

M. DOCCI, E. CHIAVONI, P. PAOLINI, *Metodi e tecniche integrate di rilevamento per la realizzazione di modelli virtuali dell'architettura della città*, in *Metodi e tecniche integrate di rilevamento per la realizzazione di modelli virtuali dell'architettura della città*, 2007, pagg.10–17.

DOCCI-FIORUCCI 2005

M. DOCCI, T. FIORUCCI, *Metodologie innovative integrate per il rilevamento dell'architettura e dell'ambiente*, Gangemi, 2005.

DOCCI-MAESTRI 1993

M. DOCCI, D. MAESTRI, *Storia del rilevamento architettonico e urbano*, I edizione, Roma e Bari 1993.

DUPAIN DE MONTESSON-VERKAVEN 1804

DUPAIN DE MONTESSON, J.J. VERKAVEN, *L'art de lever les plans, appliqué à tout ce qui rapport à la guerre, à la navigation & à l'architecture civile & rurale*, Paris, Barrois, 1804.

- DRAP ET AL 2015,
 P. DRAP, D. MERAD, B. HIJAZI, L. GAOUA, M. M. NAWAF, M. SACCONI, B. CHEMISKY, J. SEINTURIER, J.C. SOURISSEAU, T. GAMBIN, F. CASTRO, *Underwater photogrammetry and object modeling: a case study of Xlendi Wreck in Malta*, in *Sensors*, 15(12), 2015, pagg.30351–30384.
- DRAP ET AL 2017
 P. DRAP, O. PAPINI, E. PRUNO, M. NUCCIOTTI, G. VANNINI, *Surveying Medieval Archaeology: a New Form for Harris Paradigm Linking Photogrammetry and Temporal Relations*, in *ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2017, pagg.267–274.
- DU PREY 1972
 P. DU PREY, *Soane and Hardwick in Rome: a Neo-Classical partnership*, in *Architectural History*, 15, 1972, pp. 51–67.
- DU PREY 1977
 P. DU PREY, *John Soane's architectural education 1753-80*, New York 1977
- EROUART-MOSSER 1978
 G. EROUART, M. MOSSER, *À propos de la «Notice historique sur la vie et les ouvrages de J.-B. Piranesi»: Origine et fortune d'une biographie*, in *Piranèse et les français / études réunies par Georges Brunel*. Académie de France à Rome, Roma e Parigi 1978, pp.213–256.
- ESPOSITO-MICHETTI 1996
 F. ESPOSITO, A. MICHETTI, *Il Pantheon: Teoria e tecnica della commodulatio*, in: *Disegnare. Idee e Immagini*, 13 pp.69-80. 1996
- EVERSON-REIDY-SAMPSON 2016
 J.E. EVERSON, D.V. REIDY, L. SAMPSON, *The Italian Academies 1525-1700: Networks of Culture, Innovation and Dissent*, Oxford 2016.
- FEA 1820
 C. FEA, *L' integrità del Panteon rivendicata a Marco Agrippa*, Roma 1820.
- FERRARI-BIASCO 2008
 R. FERRARI, G. BIASCO, *Vado a Brera: artisti, opere, generi, acquirenti nelle esposizioni dell'800 dell'Accademia di Brera*, Brescia 2008.
- FINE LICHT 1968
 K. DE FINE LICHT, *The Rotunda in Rome: A Study of Hadrian's Pantheon*, Copenhagen 1968.

FOCILLON-CALVESI-MONFERINI 1967

H. FOCILLON, M. CALVESI, A. MONFERINI, *Giovanni Battista Piranesi.*,
Bologna 1967.

FORTE- KURILLO 2010

M. FORTE, G. KURILLO, *Cyber-archaeology and metaverse collaborative systems*, *Metaverse Creativity*, 1(1), 2010, pagg.7–19.

FRASSINE ET AL 2009

M. FRASSINE, A. BEZZI, M. FABRIS, V. ACHILLI,, D. BRAGAGNOLO, D « *Mura Bastia*». *Dati archeologici, informatizzazione e rilievi 3D laser scanning del Castello degli Onigo (Pederobba, Treviso)*, in *Archeologia e Calcolatori*, 20, 2009, pagg.351–372.

FREART 1650

R. FREART, *Parallèle de l'architecture antique et de la moderne : avec un recueil des dix principaux auteurs qui ont écrit de cinq ordres*, Paris 1650.

GABETTI-MARCONI 1917

P. MARCONI, R. GABETTI, *L'Insegnamento dell'architettura nel sistema didattico franco-italiano, 1789-1922*, in "Controspazio", 3-6-10-11, Torino 1971

GARAGNANI 2008

S. GARAGNANI, *Dal pixel all'acquerello: la tecnologia NPR nelle illustrazioni di architettura*, in *Ricerche e progetti per il territorio, la città e l'architettura*, 2008, pagg.60–67.

GARRIC 2011

J.-P. GARRIC, *Bibliothèques d'atelier. Édition et enseignement de l'architecture, Paris 1785-1871*, in *Les catalogues d'exposition de l'INHA*, Paris 2011.

GATTET ET AL 2015

E. GATTET, J. DEVOGELAERE , R. RAFFINC, L. BERGEROT , M. DANIELC, PH. JOCKEY, L. DE LUCA, *A versatile and low-cost 3D acquisition and processing pipeline for collecting mass of archaeological findings on the field*, in *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 40(5), 2015, pag.299.

GEERTMAN 1980

H. Geertman, *Aedificium Celeberrimum: studio sulla geometria del Pantheon*, in "Bulletin Antieke Beschaving", 55, 1980, pp. 203–229

GERBINO 2010

A. GERBINO, *François Blondel: architecture, erudition, and the scientific revolution*, London-New York 2010.

GERBINO 2011

A. GERBINO, *Blondel, Colbert et l'origine de l'Académie royale d'architecture*, In "Architecture et théorie. L'héritage de la Renaissance", Paris 2011.

GRASSHOFF-HEINZELMANN-WÄFLER 2008

G. GRASSHOFF, M. HEINZELMANN, M. WÄFLER, a cura di, *The Pantheon in Rome: Contributions*, Bern 2008.

GRUBEN-GRUBEN 1997

D. GRUBEN, G. GRUBEN, *Die Türe des Pantheon. 1929-2003*, in "Mitteilungen des Deutschen Archäologischen Instituts, Römische Abteilung", 104, 1997, pp.3–74.

GRUEN-BEYER 2001

A. GRUEN, H.A. BEYER, *System calibration through self-calibration*, in Calibration and orientation of cameras in computer vision, Springer, 2001., pp. 163–193,

GUIGUENO -PICON 1996

V. GUIGUENO, A. PICON, *Entre rationalisme et éclectisme, l'enseignement d'architecture de Léonce Reynaud*, in "Bulletin de la Sabix", 16, 1996, pp.12–20.

GUILLEN 1989

E. GUILLEN, *La fortuna de un arquitecto pensionado en Roma : Domingo Lois Monteagudo*, in "Academia: Boletín de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando", 69, 1989, pp.179-205.

HAMON 2001

É. HAMON, *Évaluer la peine des hommes*, in "Histoire & mesure", XVI, 3/4, Paris 2001, pp.283–307.

HARRIS 1967

J. HARRIS, *Le Geay, Piranesi and International Neo-classicism in Rome 1740-1750*, in Essays in the History of Art presented to Rudolf Wittkower, London 1967

- HAUTECŒUR 1912
L. HAUTECŒUR, *Rome et la renaissance de l'antiquité à la fin du XVIIIe siècle*, Paris 1912.
- HEENE 2008
G. HEENE, *Die Kompromisse in der Architektur*, in *The Pantheon in Rome: Contributions*, a cura di G. Grasshoff, M. Heinzelmann, M. Wäfler, Bern 2008, pp.89–97.
- HEILMEYER 1976,
W.-D. HEILMEYER, *Apollodorus von Damaskus, der Architekt des Pantheon*, Berlin, W. de Gruyter & Co., 1976.
- HENZEN ET AL 1876
W. HENZEN, G.B. ROSSI, E. BORMANN, C. HÜLSEN, M. BANG, *Inscriptiones urbis Romae latinae*, 1876.
- HERRMANN 1958
W. HERRMANN, *Antoine Desgodets and the Académie Royale d'Architecture*, in *The art bulletin*, 40, 1, New York 1958, pp.23–53.
- HETLAND 2015
L.M. HETLAND, *New perspective on the dating of the Pantheon*, in *The Pantheon: From Antiquity to the Present*, edited by T. A. Marder, M. Wilson Jones, New York 2015, pp.79–98.
- HIRT 1791
A. HIRT, *Osservazioni istorico-architettoniche sopra il Panteon*, Roma 1791.
- HIRT 1807
A. HIRT, *Über das Pantheon*, in "Museum der Alterthums-Wissenschaft", 1, Berlin 1807, pp. 147–298.
- HOCQUET 1997
J.-C. HOCQUET. — *La métrologie historique*. Paris, PUF, 1995 (Que sais-je ?, 2972), *Cahiers de civilisation médiévale*, 40(160), 1997, pagg.389–391.
- HÜLSEN 1927
C. HÜLSEN, *Delle vicende del Pantheon in ultima età imperiale*, In *Bullettino della Commissione Archeologica Comunale di Roma*, 54, Roma 1927, pp. 64–66.
- KIEVEN 2007
E. KIEVEN, *Gli anni Ottanta e gli architetti stranieri a Roma*, in *Contro il Barocco*. A cura di A. Cipriani, G.P. Consoli, S. Pasquali, Roma 2007, pp.51–70.

KOEHL ET AL 2008

M. KOEHL, E. MEYER, C. KOUSSA, C. LOTT, *SIG 3D et 3D dans les SIG: Application aux modèles patrimoniaux*, In *GéoÉvénement 2008*, 2008., pagg. 1–15,

KONTOGIANNI ET-AL 2015

G. KONTOGIANNI, E. K. STATHOPOULOU, A. GEORGOPOULOS, A. DOULAMIS, *HDR imaging for feature detection on detailed architectural scenes*, in *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 40(5), 2015, pag.325.

KRAUTHEIMER 2008

R. KRAUTHEIMER, *Architettura sacra, paleocristiana e medievale e altri saggi su Rinascimento e Barocco*, traduzione di G. Scattone, Torino 2008.

LA ROCCA 2015A

E. LA ROCCA, *Agrippa's Pantheon and its origin*, in *The Pantheon: From Antiquity to the Present*, edited by T. A. Marder, M. Wilson Jones, New York 2015, pp.49–78.

LA ROCCA 2015B

E. LA ROCCA, *Il Pantheon di Agrippa*, Roma 2015.

LAMBERT 2014

G. LAMBERT, *La pédagogie de l'atelier dans l'enseignement de l'architecture en France aux XIXe et XXe siècles, une approche culturelle et matérielle*, in "Perspective: Actualité en histoire de l'art", 1, 2014, pp.129–136.

LAMPRECHT 1987

H.-O. LAMPRECHT, *Opus Caementitium: neue Bautechnik der Römer*, Heidelberg, HeidelbergCement, 2003.

LANCASTER 2005

L.C. LANCASTER, *Concrete Vaulted Construction in Imperial Rome: Innovations in Context*, Cambridge University Press, 2005.

LANCE 1854

A. LANCE, *Notice sur la vie et les travaux de M. Achille Leclère*, Paris 1854.

LANCIANI 1882

R. LANCIANI, *Il Pantheon e le terme di Agrippa, seconda relazione a Sua Eccellenza il Ministro della Istruzione Pubblica*, Roma 1882.

LANDESCHI ET AL 2015

G. LANDESCHI, N. DELL'UNTO D. FERDANI, A. M. L. TOUATI, S. LINDGREN, *Enhanced 3D-GIS: documenting insula V 1 in Pompeii*, in Proceedings of the 42nd Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, Archaeopress, 2015., pagg. 349–360,

LANG 2009

K. LANG - *Integration of Non-Photorealistic Rendering Techniques for 3D Models in Processing* - Computer Science Technical University of Berlin, 2009

LEMONNIER 1911

H. LEMONNIER, *Procès-verbaux de l'Académie royale d'architecture (1671-1793) publiés pour la Société de l'histoire de l'art français, sous le patronage de l'Académie des Beaux-Arts*, I-X, Paris 1911.

LEMONNIER 1915

H. LEMONNIER, *Cinquante années de l'Académie Royale d'Architecture (1671-1726)*, in "Journal des Savants", 43, 10, 1915, pp.445–460.

LOERKE 1982

W.C. LOERKE, *Georges Chédanne and the Pantheon: A Beaux-Arts Contribution to the History of Roman Architecture*, in "Modulus: University of Virginia, School of Architecture Review", 4, 1982, pp.44–50.

LOERKE 1990

W.C. LOERKE, *A Rereading of the Interior Elevation of Hadrian's Rotunda*, in Journal of the Society of Architectural Historians, 49, 1, 1990, pp.22–43.

LOUIS XV 1717

LOUIS XV, *Lettres patentes portant établissement d'une Académie d'architecture... [Enregistrées au Parlement le 18 juin 1717.]*, Paris 1717.

LOWE 2001

D. G. LOWE, *Local feature view clustering for 3D object recognition*, in Proc. IEEE CVPR, 2001, pp. 682-688.

LUCCHESI 1730

M. LUCCHESI, *Riflessioni sulla pretesa scoperta del sopraornato toscano esposti dall'autore dell'opera degli anfiteatri e singolarmente del veronese*, Venezia, 1730.

LUDOVICO 1991

A. LUDOVICO, *Rilevamento architettonico e topografico: metodi e strumenti nei secoli XVIII e XIX: i Catasti geometrici preunitari e la misura generale del Granducato di Toscana*, Roma, Kappa, 1991.

MACDONALD-PINTO 2002

W.L. MACDONALD, J. PINTO, *The Pantheon: Design, Meaning, and Progeny, With a New Foreword by John Pinto, Second Edition* 2 edition., Cambridge, Mass, Harvard University Press, 2002.

MAMBRIANI 2007

C. MAMBRIANI, *Un'alternativa alle corone di San Luca: i concorsi dell'Accademia di Parma tra 1780 e 1800*, in *Contro il Barocco*. A cura di A. Cipriani, G.P. Consoli, S. Pasquali, Roma 2007, pp.109–117.

MARCONI 1974

P. MARCONI, *I disegni di architettura dell'Archivio storico dell'Accademia di San Luca. 1. 1.*, 1974.

MARCONI 2015

N. MARCONI, *Castelli e ponti: apparati per il restauro nell'opera di mastro Nicola Zabaglia per la fabbrica di San Pietro in Vaticano*, Foligno 2015.

MARDER 2015

T.A. MARDER, *The Pantheon in the seventeenth century*, in *The Pantheon: From Antiquity to the Present*, edited by T. A. Marder, M. Wilson Jones, New York 2015, pp.296–329.

MARDER-WILSON JONES 2015

T.A. MARDER, M. WILSON JONES, editors, *The Pantheon: From Antiquity to the Present*, New York 2015.

MARTIN-BEAUMONT ET AL 2013

N. MARTIN-BEAUMONT, N. NONY, B. DESHAYES, M. PIERROT-DESEILLIGNY, L. DE LUCA, *Photographer-friendly work-flows for image-based modelling of heritage artefacts*, In XXIV International CIPA Symposium, 2013., pagg. 2–6,

MARTINES 1989

G. MARTINES, *Argomenti di geometria antica a proposito del Pantheon*, in "Quaderni dell'Istituto di Storia dell'architettura", 13, Roma 1989, pp.3–10.

MARTINES 2004

G. MARTINES, *La struttura del Pantheon velut regionem fornicatam*, in "Quaderni dell'Istituto di Storia dell'architettura", 41, Roma 2004, pp.3–16.

MEYER ET AL 2007

E. MEYER, P. GRUSSENMEYER, J-P. PERRIN, A. DURAND, P. DRAP, *A web information system for the management and the dissemination of Cultural Heritage data*, in *Journal of Cultural Heritage*, 8(4), 2007, pagg.396–411.

MIGLIARI 2004

R. MIGLIARI, *Per una teoria del rilievo architettonico*, in *Disegno come Modello–Riflessioni sul disegno nell’era informatica*, Kappa editore, Roma 2004.

MILGRAM-KISHINO 1994

P. MILGRAM, F. KISHINO, *A taxonomy of mixed reality visual displays*, in *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 77(12), 1994, pagg.1321–1329.

MOREAU 1975

H. MOREAU, *Le système métrique: des anciennes mesures au Système international d’unités*, Paris, Chiron, 1975.

MOSCHINI MARCONI 1962

S. MOSCHINI MARCONI, *Gallerie dell’Accademia di Venezia*, Roma, Istituto poligrafico dello Stato, Libreria dello Stato, 1962.

MIGLIARI 2014

R. MIGLIARI, *La geometria descrittiva dalla tradizione alla innovazione*, in Cundari-Migliari, *La geometria descrittiva dalla tradizione alla innovazione*, Aracne, 2015.

NECHES ET AL 1991

R. NECHES, R. FIKES, T. FININ, T. GRUBER, R. PATIL, T. SENATOR, W. R. SWARTOUT, *Enabling technology for knowledge sharing*, in *AI magazine*, 12(3), 1991, pag.36.

NEGRE 2011

V. NEGRE, *Architecture et construction dans les cours de l’École centrale des arts et manufactures (1833-1864) et du Conservatoire national des arts et métiers (1854-1894)*, in "Bibliothèques d’atelier. Édition et enseignement de l’architecture, Paris 1785-1871", Paris 2011.

NESSLRATH 2015

A. Nesselrath, *Impressions of the Pantheon in the Renaissance*, in *The Pantheon: From Antiquity to the Present*, edited by T. A. Marder, M. Wilson Jones, New York 2015, pp.255–295.

NICCOLUCCI-HERMON-DOERR 2015

F. Niccolucci, S. Hermon, M. Doerr, *The formal logical foundations of archaeological ontologies*, *Mathematics and Archaeology*, 2015, pagg.86–99.

OECHSLIN 1969

W. OECHSLIN, *Contributo alla conoscenza di Antonio Dérizet, architetto e teorico dell'architettura*, in "Quaderni dell'Istituto di storia dell'architettura", serie XVI, fasc. 91-96, 1969, pp.17-66.

OECHSLIN 1978

W. OECHSLIN, *L'intérêt archéologique et l'expérience architecturale avant et après Piranèse*, in *Piranèse et les français / études réunies par Georges Brunel*. Académie de France à Rome, Roma e Parigi 1978, pp.397-418.

PARIS 2012

L. PARIS, *Fotogrammetria e/o fotomodellazione*, 2012

PARIS 2015

L. PARIS, *Fotogrammetria 2.0*, in *Disegnarecon*, 8(14), 2015, pagg.17-1.

PASQUALI 1992

S. PASQUALI, *Vicende dell'edizione italiana dell'opera di Desgodets: programmi editoriali e attività di rilievo dei monumenti antichi a Roma dal 1757 al 1804*, in "Architettura, città, territorio. Realizzazioni e teorie tra illuminismo e romanticismo", a cura di Elisa Debenedetti, Roma 1992, pp.215-226.

PASQUALI 1996

S. PASQUALI, *Il Pantheon: architettura e antiquaria nel Settecento a Roma*, Modena 1996.

PASQUALI 2007

S. PASQUALI, *Apprendistati italiani d'architettura nella Roma internazionale, 1750-1810*, in *Contro il Barocco*. A cura di A. Cipriani, G.P. Consoli, S. Pasquali, Roma 2007, pp.23-36.

PASQUALI 2008

S. PASQUALI, *L'attico del Pantheon. Nuovi documenti sui marmi e sulla controversa ricostruzione del 1757*, in "Bollettino d'arte", 93, serie 6, 143, 2008, pp.111-122.

PASQUALI 2015

S. PASQUALI, *Neoclassical remodeling and reconception, 1700-1820*, in *The Pantheon: From Antiquity to the Present*, edited by T. A. Marder, M. Wilson Jones, New York 2015, pp.330-353.

PELLETTI 1989

M. PELLETTI, *Note al rilievo del Pantheon*, in "Quaderni dell'Istituto di Storia dell'architettura", 13, Roma 1989, pp.10-16.

- PERRAULT 1683
C. PERRAULT, *Ordonnance des cinq espèces de colonnes selon la méthode des anciens*, Paris 1683.
- PERROT 1912
G. PERROT, *Les restaurations des architectes pensionnaires de l'Académie de France à Rome et le palais de Dioclétien à Spalato*, in "Journal des Savants", 10, 10, 1912, pp.433–444.
- PEVSNER-PINELLI 1982
N. PEVSNER, A. PINELLI, *Le Accademie d'arte*, Torino 1982.
- PIETRANGELI 1974
C. PIETRANGELI, *Origini e vicende dell'Accademia*, in L'Accademia Nazionale di San Luca, a cura di Carlo Pietrangeli, Roma 1974, pp.3–28.
- PINATEL 2003
C. PINATEL, *La « Restauration » en plâtre de deux colonnes du temple de Castor et Pollux dans la Petite Écurie royale de Versailles: histoire et archéologie*, in "Revue archéologique", 35, 2003, pp.67–114.
- PINON-AMPRIMOZ 1988
P. PINON, F.X. AMPRIMOZ, *Les envois de Rome, 1778-1968: architecture et archéologie*, Roma 1988.
- PINON 1992
P. PINON, *I Pensionnaires e l'archeologia*, in Roma Antiqua, «envois» degli architetti francesi 1786-1901, grandi edifici pubblici, Roma 1992.
- PIRANESI 1790
F. PIRANESI, *Raccolta de'tempj antichi*, Roma 1790.
- PLINIO IL VECCHIO
PLINIO IL VECCHIO, *Naturalis historia*, trans. H. Rackham, Cambridge 1952.
- PRATELLI-GAIANI 1990
A. PRATELLI, M. GAIANI, *Viaggiatori di architettura in Italia: i francesi: studio sui disegni e sulla trasmissione delle idee dell'architettura negli elaborati degli architetti francesi in Italia nella prima metà dell'Ottocento*, Udine 1990.
- PUGNO 1959
G.M. PUGNO, *Storia del politecnico di Torino dalle origini alla vigilia della seconda guerra mondiale*, Torino 1959.
- QUINTANA MARTÍNEZ 1983,
A. QUINTANA MARTÍNEZ, *La arquitectura y los arquitectos en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando (1744-1774)*, Madrid 1983.

- RODDAZ 1984
J.-M. RODDAZ, *Marcus Agrippa*, Roma 1984.
- RONDELET 1860
A. RONDELET, *Étude sur la coupole du Panthéon de Rome*, Librairie Scientifique, Industrielle et Agricole de E. Lacroix, 1860.
- ROSTEN-PORTER-DRUMMOND 2010
E. ROSTEN, R. PORTER, T. DRUMMOND, Faster and better: A machine learning approach to corner detection, *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 32(1), 2010, pagg.105–119.
- REMONDINO-EL HAKIM 2006
F. REMONDINO, S. EL HAKIM, Image-based 3D modelling: A review, *The Photogrammetric Record*, 21(115), 2006, pagg.269–291.
- REMONDINO 2011 A
F. REMONDINO, *Rilievo e modellazione 3D di siti e architetture complesse*, in *Disegnarecon*, 4(8), 2011, pagg.90–98.
- REMONDINO 2011 B
F. REMONDINO, *Heritage recording and 3D modeling with photogrammetry and 3D scanning*, in *Remote Sensing*, 3(6), 2011, pagg.1104–1138.
- REMONDINO ET AL 2017
F. REMONDINO, E. NOCERINO, I. TOSCHI, F. MENNA, *A critical review of automated photogrammetric processing of large datasets*. in: *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences* 42. 2017
- SAINT AUBIN 1992
J.-P. SAINT AUBIN, *Le relevé et la représentation de l'architecture*, Inventaire Générale, 1992.
- SEITZ 1993
F. SEITZ, *L'enseignement de l'architecture en France au XIXe siècle*, in "Les Cahiers du Centre de Recherches Historiques. Archives", 11, 1993.
- SERLIO 1584
S. SERLIO, *Il terzo libro, nel qual si figurano, & descrivono le antichità di Roma, & le altre, che sono in Italia, & fuori d'Italia*, Venezia 1584.

STEFANI 1856

G. STEFANI, *Dizionario corografico dello Stato Pontificio*, Civelli, 1856.

TAVIEL DE MASTAING 1838

J.-B. TAVIEL DE MASTAING, *L'art de lever les plans et nouveau traité de l'arpentage et du nivellement... ; suivi d'un Traité sur les solides ; et d'un Traité du lavis (5e éd., rev. et augm.) / ouvrage mis à la portée des instituteurs, de leurs élèves, et des propriétaires par J.-B. Taviel de Mastaing,...*, Noellat père (Paris) Douillier (Dijon), 1838.

TAYLOR 2003,

R. TAYLOR, *Roman builders*, Cambridge 2003.

THUNØ 2015

E. THUNØ, *The Pantheon in the Middle Ages*, in *The Pantheon: From Antiquity to the Present*, edited by T. A. Marder, M. Wilson Jones, New York 2015, pp.231–254.

TOMEI 1938

P. TOMEI, *Le vicende del rivestimento della cupola del Pantheon*, in "Bollettino d'arte", 93, serie 3, XXXII, I, 1938, pp.31–39.

VAGNETTI 1980

L. VAGNETTI, *L'architetto nella storia di Occidente*, Padova, Cedam, 1980.

VAISSE 1985

P. VAISSE, *Considérations sur la Seconde République et les beaux-arts*, in "Revue d'histoire du XIXe siècle", 1, Paris 1985.

VALENTI 2009

G.M. VALENTI, *A computing model for the Pantheon's cupola: from the discrete to the continuous. The ideal continuous model*, in *The Pantheon in Rome: Contributions*, a cura di G. Grasshoff, M. Heinzelmann, M. Wäfler, Bern 2008, pp. 223-231.

VIGATO 1996

J.-C. VIGATO, *Gustave Umbdenstock, professeur d'architecture*, in "Bulletin de la Sabix", 16, Paris 1996, pp.29–50.

VIOLLET-LE-DUC 1875

E. VIOLLET-LE-DUC, *Dictionnaire raisonné de l'architecture française du XIe au XVIe siècle*, 10 vol., Paris 1875.

VIRGILI-BATTISTELLI 1999

P. VIRGILI, P. BATTISTELLI, *Indagini in piazza della Rotonda e sulla fronte del Pantheon*, In "Bullettino della commissione archeologica comunale di Roma", C, 1999, Roma 1999.

VIRGILI-BATTISTELLI 2008

P. VIRGILI, P. BATTISTELLI, *Scavi in piazza della Rotonda e sulla fronte del Pantheon*, in *The Pantheon in Rome: Contributions*, a cura di G. Grasshoff, M. Heinzelmann, M. Wäfler, Bern 2008, pp.201–214,

VLAD BORRELLI 1990

L. VLAD BORRELLI, *La porta del Pantheon*, in *Le porte di bronzo dall'antichità al secolo XIII*, atti del convegno (Trieste 13-18 Aprile 1987), Roma 1990, pp.11–22.

WADDEL 2008

G. WADDELL, *Creating the Pantheon: Design, Materials and Construction*, Roma 2008.

WAGA 1967

H. WAGA, *Vita nota e ignota dei virtuosi al Pantheon*, in "L'urbe", 1967, pp.1–10.

WAGA 1992

H. WAGA, *Vita nota e ignota dei Virtuosi al Pantheon: contributi alla storia della Pontificia Accademia artistica dei Virtuosi al Pantheon*, Roma 1992.

WILLIAMS 2015

R.B. WILLIAMS, *A nineteenth-century monument for the state*, in *The Pantheon: From Antiquity to the Present*, edited by T. A. Marder, M. Wilson Jones, New York 2015, pp.354–379.

WILSON JONES 1989,

M. WILSON JONES, *Principles of design in Roman architecture: the setting out of centralised buildings*, Papers of the British School at Rome / British School, 1989, pagg.106–151.

WILSON JONES 2000

M. WILSON JONES, *Principles of Roman Architecture*. New Haven & London: Yale University Press, 2000.

WILSON JONES 2013

M. WILSON JONES, *Who built the Pantheon? Agrippa, Apollodorus, Hadrian and Trajan*, in "Hadrian: Art, Politics and Economy", London 2013, pp. 27–45.

WILSON JONES 2015

M. WILSON JONES, *Building on adversity: the Pantheon and problems with its construction*, in *The Pantheon: From Antiquity to the Present*, edited by T. A. Marder, M. Wilson Jones, New York 2015, pp.193–230.

WILTON—ELY 2008

J. WILTON—ELY, *Giovanni Battista Piranesi: 1720-1778*, Milano 2008.

YERKES 2013

C.Y. YERKES, *Drawings of the Pantheon in the Metropolitan Museum's Goldschmidt Scrapbook*, in "Metropolitan Museum Journal", 48, 1, New York 2013, pp.87–120.

ZIOLKOWSKI 2008

A. ZIOLKOWSKI, *What did Agrippa's Pantheon look like? New answer to an old question*, in *The Pantheon in Rome: Contributions*, a cura di G. Grasshoff, M. Heinzelmann, M. Wäfler, Bern 2008, pp.29–39.

ZLATANOVA-RAHMAN-PILOUK 2002

S. ZLATANOVA, A. RAHMAN, M. PILOUK, 3D GIS: current status and perspectives, *International Archives of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 34(4), 2002, pagg.66–71.