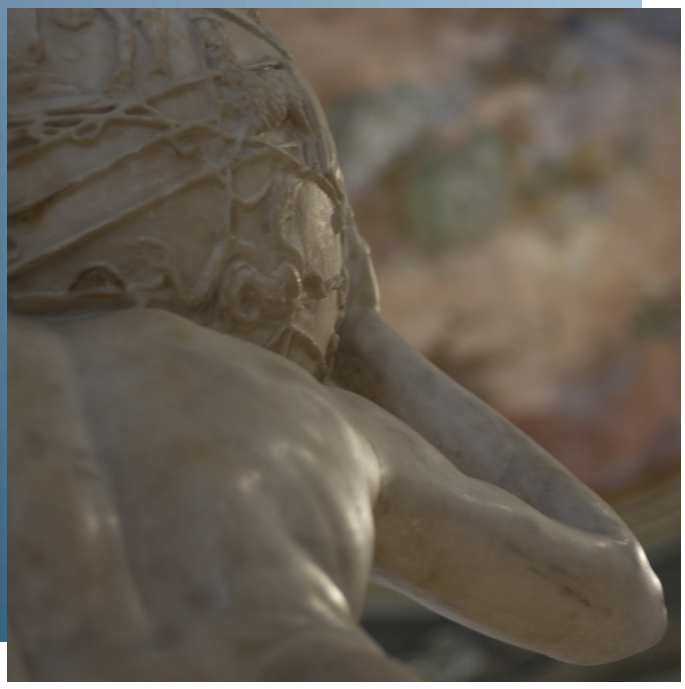
02*2023

MISURARE IL TEMPO

Strumenti e tecniche tra storia e contemporaneità



Laura Farroni, Manuela Incerti, Alessandra Pagliano
(a cura di)

libreriauniversitaria.it edizioni

→ Architettura, geometria e astronomia

Collana diretta da **Laura Farroni, Manuela Incerti, Alessandra Pagliano**

→ Architettura, geometria e astronomia

Direttrici della Collana
Laura Farroni, Manuela Incerti, Alessandra Pagliano

Comitato scientifico – Scientific Committee
Elio Antonello, *INAF* (Italy); Mario Arnaldi (Italy); Carlo Bianchini, *Sapienza Università di Roma* (Italy); Fabrizio Bònoli, *Università di Bologna* (Italy); Alessio Bortot, *Università degli Studi di Trieste* (Italy); Roberto Buonanno, *Università di Roma Tor Vergata* (Italy); Filippo Camerota, *Museo Galileo Firenze* (Italy); Marco Canciani, *Università degli Studi Roma Tre* (Italy); Cristina Candito, *Università degli Studi di Genova* (Italy); Massimiliano Ciammaichella, *Università IUAV di Venezia* (Italy); Luigi Cocchiarella, *Politecnico di Milano* (Italy); Agostino De Rosa, *Università IUAV di Venezia* (Italy); Francesco Di Paola, *Università degli Studi di Palermo* (Italy); Salvatore Esposito, *INFN Sezione di Napoli* (Italy); Laura Farroni, *Università degli Studi Roma Tre* (Italy); Francesca Fatta, *Università Mediterranea di Reggio Calabria* (Italy); Mauro Gargano, *Osservatorio Astronomico di Capodimonte INAF* (Italy); Angélique Ferrand, *Université de Nantes* (France); A. César González-García, *Consejo Superior de Investigaciones Científicas Instituto de Ciencias del Patrimonio* (Spain); Andrea Giordano, *Università degli Studi di Padova* (Italy); Paolo Giulierini, *Museo Archeologico Nazionale di Napoli MANN* (Italy); Stachel Hellmuth, *Technische Universität Wien* (Austria); Manuela Incerti, *Università degli Studi di Ferrara* (Italy); Alessandro Ippoliti, *Università degli Studi di Ferrara* (Italy); Nicoletta Lanciano, *Sapienza Università di Roma* (Italy); Matteo Flavio Mancini, *Università degli Studi Roma Tre* (Italy); Paola Moscati, *CNR* (Italy); Alessandra Pagliano, *Università di Napoli Federico II* (Italy); João Pedro Xavier, *Universidade do Porto* (Portugal); Ornella Zerlenga, *Università della Campania L. Vanvitelli* (Italy).

La pubblicazione di ogni ricerca è subordinata all'accettazione da parte del comitato scientifico e ogni contributo è sottoposto a doppia revisione cieca.

Progetto Grafico
Giulia Pellegrini – variabile comunicazione visiva

Comitato redazionale
Greta Attademo, Alessandra Coppola, Stefano Costantini, Marta Faienza, Matteo Flavio Mancini, Gianmarco Mei

Gestione profilo Instagram
Gianmarco Mei

Immagine di copertina: Atlante Farnese, Museo Archeologico Nazionale di Napoli (Fotografia di Alessandra Pagliano).

organizzazione a cura di

volume pubblicato con il contributo del Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Napoli Federico II

con il patrocinio di

Proprietà letteraria riservata
© libreriauniversitaria.it Edizioni

Webster, divisione di TXT SpA. I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione e di adattamento totale o parziale con qualsiasi mezzo (compresi i microfilm e le copie fotostatiche) sono riservati per tutti i Paesi. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta, distribuita o trasmessa in qualsivoglia forma senza l'autorizzazione scritta dell'Editore, a eccezione di brevi citazioni incorporate in recensioni o per altri usi non commerciali permessi dalla legge sul copyright. Per richieste di permessi contattare in forma scritta l'Editore al seguente indirizzo: redazione@libreriauniversitaria.it

ISBN: 978-88-3359-675-4

Prima edizione: dicembre 2023

Il nostro indirizzo internet è: www.edizioni.libreriauniversitaria.it
Per segnalazioni di errori o suggerimenti relativi a questo volume potete contattare:
Webster, divisione di TXT SpA
Via V.S. Breda, 26 - 35010, Limena PD
Tel.: +39 049 76651 / Fax: +39 049 7665200
redazione@libreriauniversitaria.it

libreriauniversitaria.it edizioni

02*2023

MISURARE IL TEMPO

Strumenti e tecniche tra storia e contemporaneità

Laura Farroni, Manuela Incerti, Alessandra Pagliano
(a cura di)

Full English texts
MEASURING TIME
Tools and techniques between history and contemporaneity
Laura Farroni, Manuela Incerti, Alessandra Pagliano
(editors)

GNOMONIS PARTES 200.0

195.0

205.0

SOLSTI
TIVM
HIBER
NVM

CAPRICORNVS

210.0

Indice

11 **Saluti**
Antonella di Luggo

Introduzione
13 **Geometrie della luce per il tempo odierno**
Alessandra Pagliano

19 **Strumenti e tecniche per la misura del tempo: tra storia e contemporaneità**
Laura Farroni, Manuela Incerti, Alessandra Pagliano

La misura del tempo tra arte e scienza

26 **Tempo & Cosmologia**
Salvatore Capozziello

32 **Upwards/downwards: lo Star Axis di Charles Ross**
Agostino De Rosa

44 **Gli osservatori solari a Capri**
Mauro Gargano

56 **Architettura come pretesto per rappresentare il tempo**
Valerio De Caro

Strumenti e tecniche per la misura del tempo

68 **Tempo e Spazio tra ideale e reale. Alcuni esempi dalle catacombe di Roma**
Domenico Benoci

82 **Geometria, numero e cosmo nella città antica. La *Regio XI augustea***
Sandro Caranzano, Mariateresa Crosta

96 **Il Cielo della Campania antica: le Pleiadi e il loro ruolo nell'urbanizzazione, riti agrari e calendari**
Ilaria Cristoforo

108 **Dove Cosmografia e Topografia si incontrano:**
tre paesaggi celesti romani tra alto Rinascimento e Manierismo
Giangiacomo Gandolfi

122 **Meridiane orizzontali in Europa tra XV e il XXI secolo: una proposta di catalogazione**
Nicoletta Lanciano

136 **Gnomonica e sezioni coniche: Daniele Barbaro e Vitruvio**
Cosimo Monteleone

148 **Sundials. Inventory of a forgotten heritage**
Maria Elfrida Ralha, João Cabeleira, Ângela Lopes

160 **Représentation du passage de 1066 de la comète de Halley sur un modillon bas-normand**
Stéphane Franck Tessier

172 **Architettura e dipinti alla Specola di Padova:**
un'immersione nelle conoscenze celesti del Settecento
Valeria Zanini

182 **Rappresentazioni astrologiche nel Cinquecento genovese.**
Allegorie e iconografie dei segni zodiacali.
Martina Castaldi, Michela Scaglione

Le tecnologie digitali e la misura del tempo

192 **Il rilievo digitale del Globo Farnese: alcune nuove considerazioni**
Fabrizio Bònoli, Manuela Incerti, Alessandra Pagliano

214 **Studio gnomonico delle meridiane.**
Il cappello filtrante dell'ex convento di *La Baumette* ad Angers
Francesco Di Paola, Manuel Pizarro

226 **La meridiana di San Michele in Bosco a Bologna: il modello digitale per lo studio e la valorizzazione**
Gianmarco Mei

244 **La simulazione della luce nei modelli digitali con valore astronomico: strumenti a confronto**
Manuela Incerti, Giammarco Mei, Georg Zotti

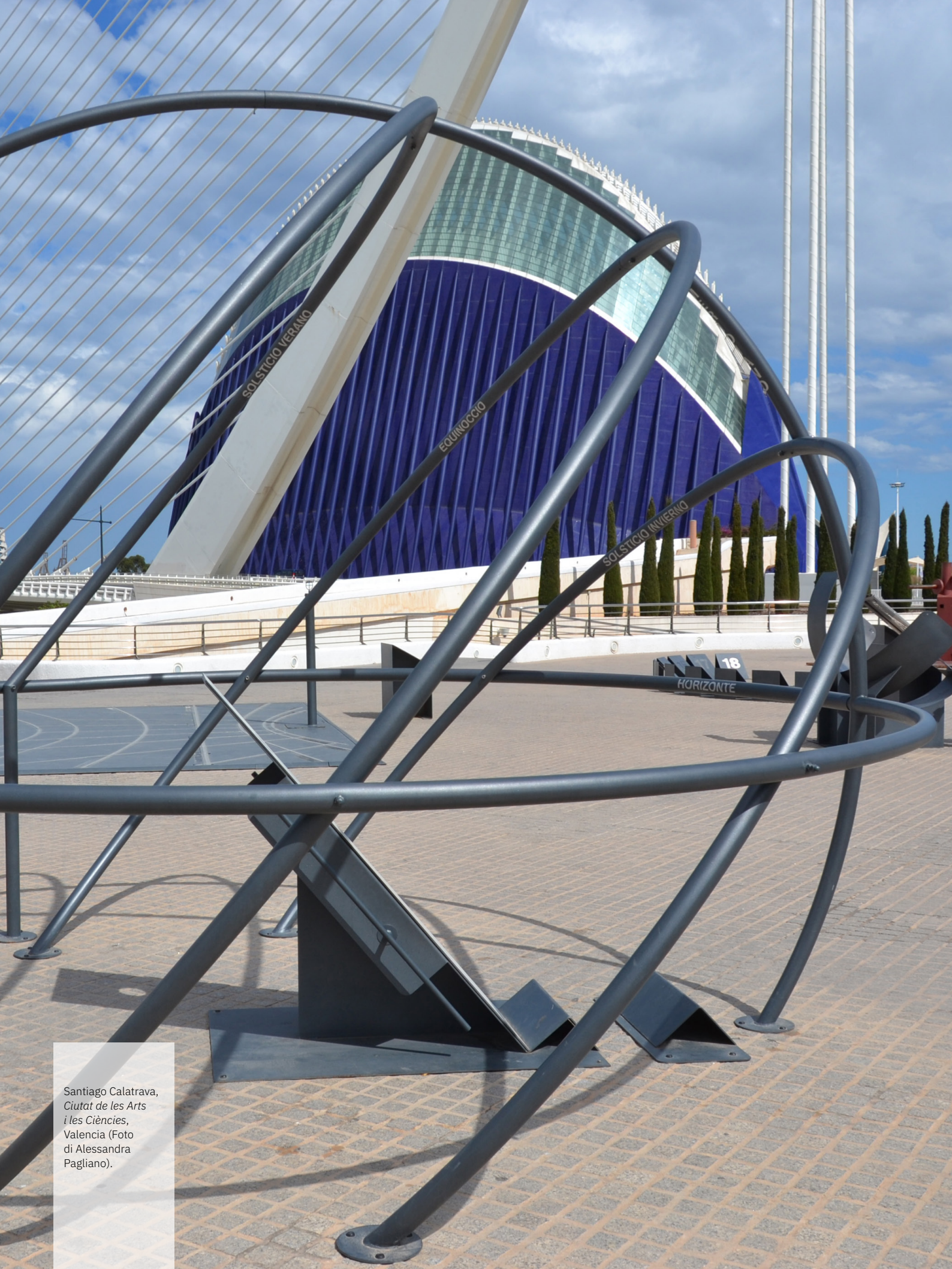
266 **Sull'allineamento delle piramidi: un approccio statistico**
Luca Santoro

Approfondimenti

274 **Scomporre la complessità: una lettura visiva del soffitto vasariano a Sant'Anna dei Lombardi**
Greta Attademo, Alessandra Coppola

286 **Full English texts**

Geometries of light for present time, Alessandra Pagliano → 286 / **Tools and techniques between history and contemporaneity for measuring time,** Laura Farroni, Manuela Incerti, Alessandra Pagliano → 288 / **Time and Cosmology,** Salvatore Capozziello → 291 / **Upward/downward: Charles Ross's Star Axis,** Agostino De Rosa → 295 / **The Solar observatories in Capri,** Mauro Gargano → 300 / **Architecture as a pretext to represent time,** Valerio De Caro → 305 / **Time and space between ideal and real. Some exemples from the catacombs of Rome,** Domenico Benoci → 309 / **Geometry, number, and cosmos in the ancient city: The *Augusta Regio XI*,** Sandro Caranzano, Mariateresa Crosta → 315 / **Ancient skies of Campania: the Pleiades and their stories about urbanisation, agrarian rites, and calendars,** Ilaria Cristofaro → 320 / **Where Cosmography and Topography meet: Three Roman Skyscapes between High Renaissance and Mannerism,** Giangiacomo Gandolfi → 326 / **Horizontal sundials of Europe between the XV and XXI centuries: a proposal for cataloguing,** Nicoletta Lanciano → 331 / **Gnomonics and conic sections: Daniele Barbaro and Vitruvius,** Cosimo Monteleone → 339 / **The passage of 1066 Halley's Comet figured on a Norman modillion,** Stéphane Franck Tessier → 344 / **Architecture and paintings at the Observatory of Padua: an immersion in the celestial knowledge of the 18th century,** Valeria Zanini → 349 / **Astrological representations in the Genoese sixteenth century. Allegories and iconographies of the zodiac signs,** Martina Castaldi, Michela Scaglione → 354 / **The digital survey of the Farnese Globe: some new considerations,** Fabrizio Bònoli, Manuela Incerti, Alessandra Pagliano → 358 / **The Gnomonic study Of Sundials. The filter hat of the *La Baumette* ex-convent in Angers,** Francesco Di Paola, Manuel Pizarro → 364 / **The sundial of San Michele in Bosco in Bologna: the digital model for study and enhancement,** Gianmarco Mei → 368 / **Simulation of light in digital models with astronomical value: comparing tools,** Manuela Incerti, Gianmarco Mei, Georg Zotti → 374 / **On the alignment of the pyramids: a statistical approach,** Luca Santoro → 380 / **Decomposing complexity: a visual reading of Vasari's ceiling at Sant'Anna dei Lombardi,** Greta Attademo, Alessandra Coppola → 383



Santiago Calatrava, *Ciutat de les Arts i les Ciències*, Valencia (Foto di Alessandra Pagliano).

Saluti

Antonella di Luggo
Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II

Da sempre l'uomo si interroga sul tempo. Ne sente lo scorrere ineluttabile con il procedere della sua vita e, come tale, lo vive come una variabile indipendente che cresce linearmente. Ne apprezza la ciclicità, complice l'alternanza del giorno e della notte, delle stagioni, delle fasi lunari, dell'apparente movimento degli astri nel cielo. Ha imparato a osservare questi fenomeni e a trarne delle regole che, da millenni, servono a scandire il tempo, così come ha costruito dispositivi utili alla sua misura.
La concezione del tempo e la comprensione dei fenomeni fisici alla base della sua misura si accompagnano da sempre all'esigenza di una sua traduzione in raffigurazioni efficaci e leggibili e hanno portato alla continua ricerca di strumenti e metodi di misurazione, nonché alla realizzazione di complessi architettonici funzionali allo scopo di rappresentare e "vedere" il tempo.
Intorno a questo tema si sono confrontati, in una interessante giornata di studi, gli autori dei contributi raccolti in questo volume, declinando il tema secondo specificità disciplinari e punti di vista diversi: architetti, archeologi, fisici, astronomi che hanno proposto studi che spaziano dalle meridiane orizzontali e verticali, alle architetture specificamente progettate con tale finalità; dagli osservatori solari alle rappresentazioni pittoriche e scultoree del tempo.

Le curatrici di questo volume, Laura Farroni, Manuela Incerti ed Alessandra Pagliano hanno saputo restituire attraverso l'organizzazione dei testi un quadro omogeneo e coerente degli studi proposti, fornendo un contributo complessivo che va certamente ad arricchire gli studi sull'argomento.
Mi fa piacere ricordare, a tal proposito, che ciascuna di loro vanta esperienze e competenze su tali temi e che nel tempo hanno trovato esito in pubblicazioni di alto livello scientifico.
Ciò che emerge come *fil rouge* che si dipana attraverso il volume è il ruolo imprescindibile della Rappresentazione quale strumento di disvelamento di realtà non immediatamente visibili, dispositivo utile a ripresentare in contesti prossimi ciò che è infinitamente lontano. La Geometria si costituisce quale supporto logico-concettuale della mente che riduce a schemi comprensibili e rappresentabili le relazioni tra spazio e tempo. Il Disegno e, molto spesso, le stesse architetture diventano supporto per la narrazione dello scorrere del tempo e per comprendere i segreti dell'ordine e dell'armonia del nostro universo.
La rappresentazione è infatti visione utile alla comprensione delle logiche e dei sistemi che governano il mondo. "La scienza, prima di essere esperimenti, misure, matematica, deduzioni rigorose, è soprattutto visioni. La scienza è attività innanzitutto visionaria. Il pensiero scientifico si nutre della capacità di "vedere" le cose in modo diverso da come le vedevamo prima"[1].

Questo volume è testimonianza della vivacità culturale del nostro settore scientifico disciplinare, capace di affrontare una pluralità di temi alle diverse scale tenuti insieme dalla Rappresentazione nel suo valore di interpretazione, conoscenza, comprensione e comunicazione. Esprime inoltre la capacità di fare rete, non solo considerando il lavoro svolto in collaborazione tra i tre Atenei di appartenenza delle curatrici, ma anche considerando i rapporti scientifici istituiti con altri ambiti disciplinari.
Ma ancora, questo volume e le attività che hanno portato alla sua realizzazione sono la prova delle capacità di una brillante generazione di docenti che dimostrano di sapersi proporre su tematiche originali che sfruttano in modo sapiente, scientificamente e culturalmente corretto i principi base della nostra disciplina a partire dai fondamenti della Geometria e della Rappresentazione.

Note

1. Cfr. Rovelli C. (2004). *Sette brevi lezioni di fisica*, p. 31. Milano: Adelphi Edizioni.

Santiago Calatrava, *Ciutat de les Arts i les Ciències*, Valencia (Foto di Alessandra Pagliano).

Geometrie della luce per il tempo odierno

Alessandra Pagliano
Dipartimento di Architettura, Università degli studi di Napoli Federico II

Ogni istante possiamo osservare l'eterna mutevolezza delle configurazioni e dei colori delle forme spaziali che ci circondano in virtù della continua variazione di direzione e intensità dei raggi luminosi solari: gli oggetti cambiano dimensione apparente poiché la profondità viene espressa tramite l'aspetto delle ombre, sia proprie che portate. La nostra esperienza dello spazio è consentita dalla luce e filtrata attraverso gli effetti della sua costante mutevolezza. La variabilità delle ombre permette di esperire un movimento costante di forme e dunque, fisicizza il concetto astratto del tempo come intervallo di variazione di un evento in relazione allo spazio: soltanto quando c'è un mutamento in una configurazione possiamo parlare di un prima e di un dopo. È questa la prima esperienza del tempo come intervallo tra due eventi. L'osservazione di una variazione fenomenica invece continua e inarrestabile permette l'esperienza dello scorrere di quel tempo.

Ricorda Arata Isozaki che lo spazio è stato sempre identificato con l'evidenza fenomenica di eventi di cui effettuare misure e verifiche e, di conseguenza, lo spazio è percepibile in connessione con il flusso del tempo (Isozaki 1979).

L'uomo storicamente si è, dunque, relazionato allo spazio e al tempo in base al continuo mutare della luce solare: regolato dalla diurna alternanza giorno-notte, il nostro organismo, con i suoi ritmi circadiani, è fisiologicamente armonizzato con i tempi della natura. La luce controlla dunque i processi della vita biologica e anche determinate attività ormonali umane dipendono da essa; di conseguenza, anche gli uomini primitivi hanno avuto consapevolezza, sebbene non scientifica, dei fenomeni temporali. Ma l'ambizione delle antiche popolazioni era quello di comprendere, controllare e dunque partecipare, a processi temporali che andassero oltre il breve intervallo della vita individuale: l'uomo, la cui vita è limitata ad un breve periodo nel flusso eterno degli eventi che sono avvenuti prima di lui e che continueranno ad accadere anche dopo la sua dipartita, ha avuto fin dall'antichità il desiderio di proiettarsi verso l'eternità dominando il tempo attraverso la misura e la capacità di prevedere il ciclico ritorno di ogni attimo trascorso, così da non ritenerlo definitivamente perduto in un flusso inarrestabile e infinito di eventi. Da qui nasce il primo tentativo di oggettivare lo scorrere del tempo in base alle osservazioni dei corpi celesti, in particolare il Sole, la cui sempre mutevole posizione determinava l'ombra e le sue continue variazioni nel mondo fenomenico: la ciclica regolarità dei moti celesti offriva la garanzia di poter interpretare razionalmente il mutamento degli eventi proprio perché inquadrabili nell'ambito della durata ciclica dei fenomeni naturali. La successione degli istanti che drammaticamente divorano la vita umana (*Chronos*), fatta di istanti unici e irripetibili (*Kairos*) che sfuggono via inesorabilmente viene così catarticamente legata alla consapevolezza di una permanenza, quella della ciclicità (*Aion*) e dunque del prevedibile ritorno[1]. La rassicurante permanenza del mutevole è dunque il perdurare, ovvero di continuare ad esistere in seno al continuo cambiamento. In questo, l'evidenza dei fenomeni luminosi e umbratili che ritornano ad intervalli costanti nella stessa configurazione, in qualche modo riassume in sé e materializza i concetti astratti e sfuggenti di spazio e di tempo e si offrono come uno strumento per la loro misura. Grazie all'uso della gnomonica, le antiche civiltà in tutto il mondo hanno ottenuto di poter calcolare e rappresentare (e dunque controllare attraverso la previsione della ciclicità del fenomeno) i complessi movimenti del Sole[2], che altrimenti sarebbero stati intangibili e remoti. Questo perché l'ombra proiettata da uno gnomone consente di misurare in termini spaziali ciò che, senza l'ausilio di avanzate tecnologie moderne, sarebbe stato altrimenti incommensurabile in termini astronomici. Con l'avvento di strumenti ottici e meccanici prima e digitali poi, la misurazione del tempo si è resa indipendente dalla gnomonica che portava con sé il limite di segnare il tempo del singolo luogo in quanto strettamente dipendente dalla latitudine nella quale accadeva il fenomeno umbratile per la misura. Il passaggio dal tempo vero del Sole, di ciascun luogo, al tempo medio civile adottato per convenzione, annullando tutte le piccole irregolarità del moto di rotazione della Terra e di rivoluzione intorno

al Sole, ha reso la sua misura oggettiva e sempre più minuziosamente scandita dalla crescente affidabilità dei suoi strumenti di misura. Il tempo registrato dagli orologi, conosciuto come tempo medio del fuso orario o tempo civile, è regolato dal meridiano centrale di un determinato fuso orario. Questo tempo è lo stesso per tutte le località all'interno dello stesso fuso, indipendentemente dalla loro longitudine (nel caso dell'Italia, fa riferimento al meridiano a 15° Est da Greenwich). La discrepanza tra il tempo solare vero e il tempo solare medio rappresenta un intervallo di tempo calcolabile e prevedibile noto come "Equazione del tempo". Questo fenomeno indica l'accumulo di lievi anticipi e ritardi che si verificano nel corso dell'anno a causa della differenza tra il giorno solare vero e quello medio. Questa discrepanza è costante per tutte le località sulla Terra.

Tutto questo ci fa percepire il tempo come qualcosa di oggettivo e di molto preciso, misurabile con approssimazioni che raggiungono ormai i miliardesimi di secondo, in una rassicurante sensazione di dominio e di controllo. La gnomonica, dunque, appare oggi come una disciplina ormai superata e appartenente a civiltà e manufatti antichi. Tuttavia, sebbene non più utile per la misura del tempo al fine di scandire le attività umane, la scienza gnomonica continua a fornire quei rapporti geometrici ineluttabili tra luce solare e ombre portate per prevedere di queste ultime la forma e le dimensioni. Così come, nonostante la tecnologia dei precisissimi orologi odierni, la nostra esistenza di esseri umani del XXI secolo continua ad essere profondamente connotata dal suo continuo e inarrestabile cambiare. Esistiamo da sempre come identità sottoposte a una continua mutazione, dentro e fuori di noi, nel catartico concetto di ciclicità degli eventi naturali per il quale il mutare stesso è un "cambiare permanendo". Le ombre della gnomonica antica sono state adottate così da alcuni architetti e artisti la cui opera usa gli strumenti geometrici della misura gnomonica del tempo, non ai fini cronometrici. Queste opere ci mostrano il potenziale dell'arte e dell'architettura nel facilitare la nostra capacità di osservare e comprendere il mondo, sia quello terrestre che quello cosmico, sia quello umano che quello divinizzato, oltre a evidenziare il nostro ruolo all'interno di essi. È il caso della Cappella San Bernardo: questa piccola chiesa è un autentico gioiello di architettura nella vasta pianura della provincia argentina. È stata costruita in onore del santo patrono di una piccola comunità locale nelle vicinanze del sito in cui sorge. La cappella è stata progettata dallo studio di Nicolás Campodonico e si trova in un'area priva di servizi come acqua corrente ed elettricità. L'edificio deve la sua atmosfera sacra esclusivamente alla luce solare e alla natura circostante: questa struttura, che misura soltanto 92 metri quadri, sfrutta l'assoluta planarità del paesaggio circostante senza alcuna elevazione, per attuare un sistema di proiezioni di luce che sottolineano l'effimera natura della radiazione solare. Sulla facciata principale della cappella, perfettamente orientata ad Ovest, si trovano due aste di legno, senza alcuna apparente relazione reciproca: ogni giorno, al tramonto, i raggi di luce provenienti dalle direzioni Sud-ovest, Ovest e Nord-ovest[3], proiettano le ombre delle due aste sulla parete orientale interna della cappella, fino a che, congiungendosi pochi istanti prima del tramonto, finiscono per delineare il simbolo della croce cristiana[4]. Nella cappella il visitatore può sperimentare ogni pomeriggio l'epifania delle ombre, comprendendone il significato simbolico di una crocifissione che viene rievocata ogni giorno grazie alla luce che svela simbolicamente i significati nascosti delle forme ma soprattutto permette al visitatore di sperimentare l'altrimenti non percepibile rotazione della Terra intorno al suo asse. La fisica dei moti celesti e l'astronomia diventano così processi geometrici volti alla scoperta delle proprietà simboliche della luce e delle ombre in relazione alle forme che ci circondano, fino ad estendere la nostra consapevolezza dello spazio e del tempo anche oltre i limiti del nostro pianeta. Basata sulle medesime geometrie della radiazione luminosa solare è l'installazione artistica intitolata *Augenblick*[5]: vicino a Prato, l'artista toscano Fabrizio Corneli ha progettato nel 2011 un'impressionante anamorfosi solare sulla facciata della sede centrale dell'azienda Targetti, che opera nel settore dell'illuminazione per interni ed esterni. Tra le 10:15 e le 10:45, le sottili lastre metalliche che sporgono dalla facciata proiettano un'ombra che traccia il volto di una ragazza che fissa il Sole. Questa immagine significativa dura circa mezz'ora; prima e dopo, gli spettatori possono osservare solo ombre discontinue sul muro. Le installazioni basate sulla luce del sole sono caratterizzate dalla natura mutevole dei fenomeni luminosi e si concentrano inevitabilmente sul concetto di tempo che passa. La variabilità della luce solare, in termini di direzione dei raggi e di intensità luminosa, genera un lento e graduale cambiamento delle ombre proiettate che rende esperibile ed evidente il movimento di rotazione altrimenti im-

percettibile del nostro pianeta. Gli osservatori possono riconoscere l'immagine pregnante solo per un tempo limitato, giorno per giorno, a causa della perenne variabilità dei raggi solari, la cui direzione, durante il giorno, cambia in base alla velocità di rotazione della Terra. Il tempo, quindi, interviene come dimensione ulteriore della narrazione artistica, sviluppando una successione lineare di eventi diurni. Ma le anamorfosi basate sulla luce solare registrano anche il tempo ciclico delle stagioni, un tempo che ritorna sempre su se stesso dopo un determinato e misurabile intervallo di mesi. Il tempo cronologico rende evidente all'osservatore l'unicità del momento in cui la proiezione luminosa appare nella sua forma significativa e privilegiata, come un istante sottratto a una serie di infinite forme sempre mutevoli. Il tempo ciclico annuale, che torna sempre indietro, celebra invece il giorno per cui la proiezione d'ombra è stata progettata. Come il motto di una meridiana, le installazioni di luce solare di Corneli ci invitano a riflettere sulla fragilità della vita in relazione al flusso del tempo, confortando al contempo l'osservatore sul continuo ritorno dell'istante prescelto.

La giornata di studi tenutasi il 9 giugno a Napoli, presso il Dipartimento di Architettura dell'Università Federico II di Napoli sui temi della geometria, dell'architettura e dell'astronomia per la rappresentazione e la misura del tempo ha dunque cercato di legare, grazie alla multidisciplinarità dei contributi offerti dagli autori, il continuo cambiare nei secoli del senso del tempo e dunque della sua misura in base alle necessità e agli strumenti di ciascuna epoca e società, intrecciando il sapere astronomico con tutte le sue declinazioni applicative nella tecnica, nell'architettura e nell'arte mediante l'uso sapiente della geometria dei raggi solari.

1.
F. Corneli,
Augenblick, 2011.
Per gentile
concessione
dell'artista

Note

1. Cfr. Pagliano Alessandra (2020). La gnomonica antica tra arte e scienza: geometria, storia e astronomia per il restauro dell'orologio solare della Certosa di San Martino/ The ancient gnomonics between art and science: geometry, history and astronomy for the restoration of the sundial in the Charterhouse of San Martino. In Arena A., Arena M., Brandolino R.G., Colistra D., Ginex G., Mediati D., Nucifora S., Raffa P. (a cura di). C*onnettere. Un disegno per annodare e tessere. Atti del 42° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/ Connecting. Drawing for weaving relationships. Proceedings of the 42th International Conference of Representation Disciplines Teachers.* Milano: FrancoAngeli, pp. 732-751.
2. La gnomonica è nata tra le popolazioni antiche in una concezione cosmologica geocentrica, ma ancora oggi tale configurazione viene utilizzata come modello di studio per l'astronomia di posizione e per determinare le relazioni geometriche tra punti sulla terra e il Sole, attraverso l'individuazione della direzione assunta dai raggi solari.
3. Solo nei giorni degli equinozi di primavera e di autunno il Sole tramonta esattamente ad Ovest. Durante l'intero corso dell'anno il punto del tramonto si sposta nella fascia compresa tra i punti cardinali Nord-ovest e Sud-ovest dove il Sole tramonta rispettivamente nei giorni del solstizio estivo e invernale.
4. Si veda https://nicolascampodonico.com/capilla-san-bernardo-2/
5. Il concetto di *Augenblick* ("istante") è inteso come l'inesauribile incontro di passato presente e futuro, da https://www.treccani.it/enciclopedia/ricerca/augenblick-/

Bibliografia

Agnoli P. (2004). *Il senso della misura. La codifica della realtà tra filosofia, scienza ed esistenza umana.* Roma: Armando.

Arnaldi M. (2006). Le ore italiane. Origine e declino di uno dei più importanti sistemi orari del passato. In *Gnomonica italiana*, Anno IV, n. 11, luglio 2006, pp. 10-18.

De Rosa A. (1998). *L'infinito svelato allo sguardo forme della rappresentazione estremo-orientale*. Milano: Città studi ed.

Farroni L., Incerti M., Pagliano A. (2022). *Rappresentare il tempo. Architettura, geometria e astronomia.* Limena (PD): Libreria Universitaria ed.

Isozaki A. (1979). Ma: JapaneseTime-Space, in *Japan Architect* n. 262, pp. 69-79.

Mandelli E., Lavoratti G. (a cura di). (2011). *Disegnare il tempo e l'armonia. Il disegno di architettura osservatorio nell'universo.* Convegno internazionale AED. Firenze: Alinea.

Marcheschi D. (2004). L'invenzione del primitivo e l'idea di tempo nell'arte contemporanea. In Zaccarello M., Tomasin, L. (a cura di). *Storia della lingua e filologia: per Alfredo Stussi nel suo sessantacinquesimo compleanno*. Tavarnuzze (Firenze): SISMEL edizioni del Galluzzo

Pagliano A. (2018). *Le ore del Sole. Geometria e astronomia negli antichi orologi solari romani.* Napoli: Editori Paparo.

Paltrinieri G. (2005). *Meridiane e orologi solari d'Italia, con la prefazione di M. Hack.* Roma: l'Artiere.

Santiago Calatrava, *Ciutat de les Arts i les Ciències*, Valencia (Foto di Alessandra Pagliano).

Strumenti e tecniche per la misura del tempo: tra storia e contemporaneità

Laura Farroni, Manuela Incerti, Alessandra Pagliano

La seconda conferenza "Rappresentare il tempo" che si è svolta il 9 giugno 2023 a Napoli, presso il Dipartimento di Architettura dell'Università Federico II di Napoli, ha continuato ad affrontare, dopo la prima edizione della giornata di studi tenutasi a Palazzo Spada a Roma nel 2022, i temi della geometria, dell'architettura e dell'astronomia nell'ambito della rappresentazione e della misura del tempo. Attraverso la multidisciplinarità dei contributi presentati dagli autori, l'evento ha cercato di stabilire connessioni tra l'evoluzione subita, nel corso dei secoli, del concetto di tempo per poi analizzare gli strumenti e le tecniche della sua misurazione, in relazione alle esigenze di ciascuna epoca e società. In particolare, questa seconda giornata, si è focalizzata sull'intreccio tra la conoscenza astronomica e le sue varie applicazioni nelle discipline tecniche, architettoniche e artistiche che, dall'antichità ad oggi, sfruttano in modo competente la geometria dei raggi solari. Questa storia millenaria di scienza, architettura, arte e tecnica ha comportato l'esigenza di suddividere l'articolazione dei contributi in tre macro-categorie, che riguardano i temi della relazione tra antico e contemporaneo, degli strumenti e delle tecniche utilizzate nei secoli per la misurazione, per poi analizzare l'apporto alla disciplina fornito delle nuove tecnologie digitali. Questo secondo volume della Collana *Architettura Geometria Astronomia* raccoglie anche saggi che non sono stati presentati nella giornata di Studi, ma che hanno partecipato alla call.

Le ombre del tempo tra antichità e contemporaneità (A.P.)

Il saggio di Capozziello dal titolo *Tempo & Cosmologia* con il quale abbiamo inteso dare il via ai numerosi contributi degli autori per l'ampiezza del tema trattato, parte dalla considerazione che lo spazio e il tempo sono due categorie fondamentali dell'esperienza umana legate al concetto stesso di realtà per delineare una storia critico-evolutiva dei modelli cosmologici con i quali si è tentato nei secoli di descrivere tutta la realtà in un unico sistema. In particolare, Capozziello evidenzia come ogni modello cosmologico sia il frutto di un ambiente culturale e come la speculazione cosmologica sia passata da concezioni mitico-religiose fino all'attuale *precision cosmology*, che si prefigge l'immenso obiettivo di misurare l'universo per poi poterne predire l'evoluzione.

Ma ritorniamo sulla Terra per analizzare l'evidenza dei moti dei corpi celesti più vicini a noi, che per secoli è stata appannaggio della scienza gnomonica basata su modelli cosmologici geocentrici, i cui rapporti geometrici di posizione e allineamento rispetto alla Terra sono fortunatamente ancora validi nella contemporaneità, in termini di modelli di studio, nonostante il ribaltamento degli stessi a seguito della rivoluzione eliocentrica. Nonostante la validità dei suoi strumenti, la gnomonica può sembrare oggi una disciplina superata e legata solo a civiltà e manufatti antichi perché non ha più una funzione pratica nella misurazione del tempo per regolare le attività umane. La scienza gnomonica conserva, tuttavia, la sua importanza nel fornire immutabili relazioni geometriche tra la luce solare e le ombre proiettate, permettendo la previsione delle forme e delle dimensioni di queste ultime. Nonostante l'avvento della tecnologia con orologi estremamente precisi, la nostra vita nel XXI secolo è ancora fortemente influenzata dall'incessante scorrere del tempo. Questa dimensione effimera e inarrestabile del tempo, che permane nella contemporaneità nonostante i sempre più precisi strumenti di misura ha ispirato l'opera di alcuni architetti e artisti che hanno adottato le ombre della gnomonica antica, non per scopi cronometrici, ma per utilizzarle come strumenti geometrici nella creazione delle loro opere. Queste opere evidenziano il potenziale dell'arte e dell'architettura nel facilitare la nostra capacità di osservare e comprendere il mondo, sia a livello terrestre che cosmico, umano e divino, sottolineando al contempo il nostro ruolo all'interno di questo vasto contesto. Lo narra Agostino De Rosa nel suo contributo

dal titolo *Upwards/downwards: lo Star Axis di Charles Ross* nel quale esplora il complesso sistema di interazione tra le strutture architettoniche e il paesaggio desertico del New Mexico nell'architettura (parzialmente) ipogea dello Star Axis dall'artista americano Charles Ross (1971-1975) verificando la geometria e l'effetto artistico degli allineamenti astronomici esperibili. Architetture che guardano al cielo e ad esso si rapportano sulla base di precisi criteri geometrici ma a fini artistici. Diversamente dagli osservatori astronomici descritti con grande accuratezza storica da Mauro Gargano, nel suo contributo dal titolo *Gli osservatori solari a Capri.*

L'isola di Capri ha ospitato imperatori e artisti che la scelsero per i suoi inestimabili valori paesaggistici, ma in essa anche gli astronomi videro un sito ideale per le osservazioni scientifiche. Gargano evidenzia come la Villa Jovis di Tiberio (42 a.C. - 37) fosse già provvista di uno *specularium*, una torre usata come faro per le osservazioni degli astri poiché l'imperatore che credeva nel destino, scrutava il cielo in cerca di conoscenza e presagi per il futuro. La fortuna dell'isola come luogo di osservazioni astronomiche proseguirà nei secoli, sino alla costruzione di numerose torri ed edifici dedicati alle attività astronomiche come, ad esempio, la Stazione astrofisica svedese nel 1961. Tuttavia, trasferite le attività di ricerca alle Canarie, le strutture capresi sono oggi oggetto di riconversione per usi turistici e culturali e l'autore termina il suo contributo proprio mostrando alcuni di questi progetti.

La geometria della radiazione luminosa solare e le configurazioni mutevoli delle ombre oscillano, secondo De Caro, nel contributo dal titolo *Architettura come pretesto per rappresentare il tempo*, tra l'idea di un effetto teoricamente prevedibile e l'apparenza di un fenomeno invece legato all'imprevedibile verificarsi di svariate circostanze, tra le quali in primis quelle atmosferiche. Il saggio ne evidenzia la dimensione percettiva ed esperienziale in quelle architetture che, fin dall'antichità, sono caratterizzate dall'interazione tra forme plastiche e luce, rivelando così lo scorrere del tempo, senza tuttavia configurarsi come strumenti di misura o veri e propri manufatti archeo-astronomici. I numerosi casi studio elencati in questo contributo ne descrivono i modi e i significati prodotti.

La storia della misura del tempo come espressione dell'identità terrestre (L.F.)

Leggere le testimonianze del passato, per rilevare le diverse declinazioni con cui l'uomo si è relazionato al cielo, alla luce, all'ombra, dalla sua posizione terrestre, ma non dimenticando mai il mondo in rapporto al cosmo. Indagare, la molteplicità delle forme espressive costruite dall'uomo per la misura del tempo, attraverso i secoli, è forse collaborare a definire, quella che oggi Edgard Morin chiama identità terrestre. Egli sostiene che si può sperare in una politica al servizio dell'essere umano che sia inseparabile da una politica di civiltà, che apra la strada per civilizzare la Terra concepita come casa e giardino comune dell'umanità. Una *Terra* considerata come prima e ultima *Patria* [...] che ci riporti a riconsiderare il cosmo sotto uno stesso cielo [...][1],e aggiungo, a coglierne, nello spazio-tempo le trasformazioni ed evoluzioni utili all'uomo del domani.

Riprendendo ancora Morin il ritorno alla molteplicità del passato è complementare alla ricerca verso il nuovo. "[...] Ogni essere umano, ogni collettività deve irrigare la propria vita con una circolazione incessante fra il passato, in cui radica la sua identità riallacciandosi ai propri ascendenti, il presente, in cui afferma i suoi bisogni, e un futuro nel quale proietta le sue aspirazioni e i suoi sforzi"[2]. Ed il contesto, allora, diviene la Terra luogo dell'umanità planetaria. Studiare la misura del tempo attraverso la storia degli artefatti implica l'identificazione del locale nel globale, in una dimensione planetaria, attraverso il continuo mutare della luce.

Ma le caratteristiche che distinguono le testimonianze sulla misura del tempo sono dovute, anche, alle tecniche e agli strumenti utilizzati per la loro realizzazione. Le tecniche, come sostiene Morin, possono migrare da una cultura all'altra, come fu il caso della ruota, del giogo, della bussola, della stampa. Ciò vale ugualmente per alcune credenze religiose nonché per alcune idee laiche che, nate in una cultura singolare, si sono potute universalizzare. Ma in ogni cultura vi è un capitale specifico di credenze, idee, valori, miti, e in particolare quelli che legano una singola comunità ai suoi antenati, alle sue tradizioni, ai suoi morti[3].

In questa ottica, nel volume, si è voluto dar voce a diversi contributi, che mostrassero gli approcci, le modalità e gli strumenti per rivolgersi al cielo, di giorno e di notte, in spazi, tempi e luoghi diversificati. Cielo e terra, soprasuolo e sottosuolo, reale e ideale, dove la forza della luce e della sua assenza mostrano modelli cosmologici, di Universo e di Universi, che stimolano a riflettere ancor di più sul concetto anzidetto di identità terrestre (Capoziello). Si indaga attraverso la geometria e le operazioni proiettive il rapporto tra tempo e spazio, e si mostra come il governo del territorio non sia estraneo ai paesaggi celesti (Caranzano, Crosta; Cristofori; Gandolfi; Tessier; Zanini).

L'attraversamento della storia mette, infatti, in evidenza come l'uomo abbia sviluppato e affinato il controllo della presenza della luce come processo proiettivo, ma anche come processo creativo e manipolatorio, e quindi come scelta consapevole, attraverso i saperi astronomici, matematici, geometrici, architettonici costruttivi (Monteleone).

L'osservazione dei fenomeni ha permesso di elaborare e gestire informazioni; i processi di elaborazio-

ne di immagini riguardanti la misurazione del tempo in assenza di luce diretta, hanno inoltre delocalizzato eventi e moltiplicato gli aspetti narrativi che oggi gli studiosi stanno svelando (Benoci).

La complessità delle testimonianze sulla misura del tempo ha evidenziato l'esigenza dell'inventariazione e della catalogazione, legata all'identità territoriale e culturale (Lanciano; Ralha, Cabeleira, Lopes). Si rivela in questo modo il processo di antropizzazione di un evento naturale, che può avvenire a scala territoriale, di edificio, su strutture puntuali o sulla relazione tra di essi. Tutto questo permette di indagare tutti gli aspetti degli artefatti: formali, geometrici, materici, tipologici, funzionali, astronomici. Attraverso di essi si conoscono le culture dei luoghi, che del sole e della luce ne avevano profondo rispetto.

L'intento dell'attraversare la storia, attraverso la conoscenza degli strumenti per la misura del tempo, è sviluppare di nuovo una coscienza ecologica, poiché mostra la consapevolezza dell'orientamento, dell'esposizione di quello che è stato, utile appunto allo studio dei contesti attuali e futuri. Ed ancora, strumenti, tecniche metodi per il controllo della luce tra passato e presente coinvolgono la questione del come queste testimonianze venivano costruite e calibrate al fine di ottenere la restituzione della misura cercata, dell'informazione prefissata derivanti dalla concezione dell'Universo a cui si riferivano.

Un campo quest'ultimo che si delinea in modo ampio, e diversificato a seconda degli ambiti di applicazione: architettonico, archeologico, di piccoli manufatti, e che apre all'uso delle tecnologie digitali del contemporaneo per effettuare indagini conoscitive.

Le tecnologie digitali per il rilievo, l'analisi e la comunicazione (M.I.)

Il cosmo ha affascinato l'immaginazione di tutte le società e culture in modo così ampio da riflettersi nell'intero patrimonio prodotto, inclusa l'architettura, l'urbanistica, l'uso del paesaggio, i petroglifi, le mitologie, le tradizioni orali e altre espressioni culturali (comprese le credenze e le pratiche sacre). Il numero di studi scientifici inerente questi temi, in continua crescita con il trascorrere del tempo, stimola nuove riflessioni su come le tecnologie digitali possono realmente innovare i processi e i risultati della ricerca.

Intorno a questa domanda si raccoglie un nutrito gruppo di saggi del volume. In questi è possibile cogliere la volontà di sperimentazione e le conseguenti riflessioni in tutti gli ambiti, livelli e scale della ricerca sul patrimonio con valore astronomico: il rilievo, l'analisi (critica e statistica) e la comunicazione (Di Paola, Pizzarro; Pagliano, Incerti, Bonòli; Incerti, Mei, Zotti; Mei; Attademo, Coppola; Santoro; Caranzano, Crosta).

Le tecnologie di rilievo avanzato, laser scanner e fotogrammetria digitale, ci consentono oggi di avere modelli 3D dell'esistente con precisione millimetrica in cui il dato morfologico è accompagnato dalle caratteristiche materiche del bene. Per chi si occupa di questi temi è sempre più manifesto come, per studiare forme e superfici complesse, insieme ai tracciati astronomici su queste rappresentati, sia necessario partire da un dato affidabile, certificato dalla strumentazione e dalle procedure operative. L'attendibilità del dato consente al ricercatore, grazie ai software di modellazione, di leggere il livello di precisione al tempo della costruzione dell'opera, mettendolo in relazione a tecniche, procedure, strumenti e accuratezze stimate dagli storici dell'astronomia.

È evidente come contributo del Disegno possa realmente innovare questo ambito di studio, a partire dall'acquisizione del dato tridimensionale e materico, spingendosi poi a testare e a comparare le potenzialità e, soprattutto, i limiti (intesi come approssimazioni e mancanza di precisione) dei diversi software di rendering grazie a cui è possibile simulare il percorso della luce sulle superfici, una volta immessi gli input richiesti (che possono variare). Questi stessi software di grafica 3D ci consentono di affrontare, con più agio e tranquillità, l'ambito della comunicazione.

Da poco più di 15 anni gli esperti di visualizzazione digitale condividono gli obiettivi e i principi raccolti nella Carta di Londra per la visualizzazione digitale dei beni culturali[4]. Tali temi sono già stati recepiti in uno dei documenti dell'UNESCO inerenti l'*Heritage of Astronomy*[5] nell'ambito dell'*International Expert Meeting on Astronomical Heritage and Sacred Places* avvenuto a Gran Canaria nel 2018 e che ha visto la partecipazione di chi scrive in rappresentanza dell'Italia[6]. Nel documento conclusivo *Building synergies: Gran Canaria Recommendation on Astronomical Heritage and Sacred Places*, al punto 18, si invita a "promuovere la conoscenza dei valori astronomici e la sua diffusione attraverso l'utilizzo di approcci multimediali per descrivere concetti scientifici complessi in modo semplice e accessibile, nel rispetto dei criteri stabiliti nella Carta di Londra per la visualizzazione digitale dei beni culturali (2008)[7]".

Per brevità ci soffermiamo solamente su un paio di aspetti affrontati nella Carta, partendo dal tema del linguaggio grafico e della comprensibilità (in termini di trasparenza del dato) del processo di analisi astronomica e geometrica. Nella parte introduttiva della Carta si sottolinea come sia necessario tendere a metodi ed esiti intellettualmente e tecnicamente rigorosi, "al pari dei metodi di ricerca sui beni culturali e di comunicazione dei risultati di tali ricerche. Allo stesso tempo, questi principi devono riflettere le proprietà distintive delle tecnologie e dei metodi per la visualizzazione digitale." Con questi temi si confrontano quo-

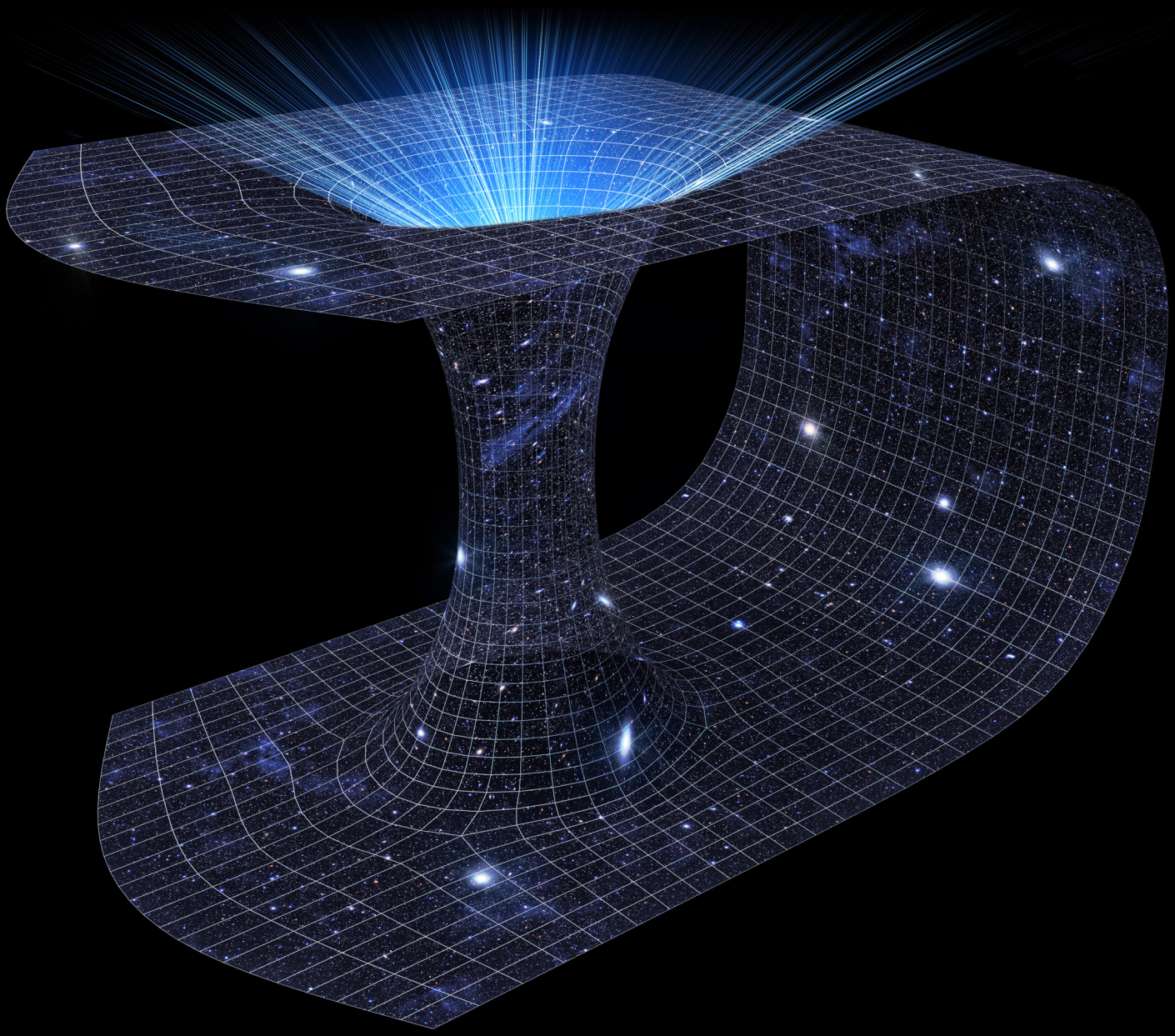
tidianamente gli esperti che sono in grado di scegliere, in maniera critica, quale tipo di linguaggio grafico, in altre parole di visualizzazione, adottare: ad esempio schematica e sintetica oppure realistica (si veda il punto 2 della carta in cui si dice che "un metodo di visualizzazione digitale dovrebbe normalmente essere usato solo quando è il metodo disponibile più appropriato per quello scopo"). Nella seconda parte del documento, quella relativa al punto 4, viene approfondito il tema della documentazione relativa all'asserzione di conoscenza (4.4): "Dovrebbe essere chiaro all'utente cosa cerca di presentare una visualizzazione digitale, per esempio lo stato attuale di un sito […] la sua ricostruzione basata sulle evidenze o invece sulle ipotesi, oltre che la portata e la natura di ogni informazione incerta". Occorre cioè selezionare scelte grafiche in grado di rendere leggibili i diversi gradi di affidabilità dei modelli all'interno di un contesto comunicativo.

In conclusione è proprio la pubblicazione scientifica che, attraverso la descrizione di metodi, processi e linguaggi utilizzati, può fare la differenza in un campo come quello della comunicazione dei beni culturali sempre più votato agli aspetti spettacolari ed emozionali.

Note

1. *Cfr.* Morin E. (2001). *I sette saperi necessari all'educazione del futuro.* Milano: Raffaello Cortina Editore, pp. 49-51.
2. *Ibidem.*
3. *Ibidem,* p. 36.
4. <http://www.londoncharter.org/ (questo e tutti gli altri link sono stati consultati il 27 novembre 2023). I sei obiettivi della Carta sono: 1) fornire un caposaldo che abbia un ampio riconoscimento fra gli interessati; 2) promuovere il rigore tecnico e intellettuale nella visualizzazione digitale dei beni culturali; 3) assicurare che i procedimenti e i risultati della visualizzazione digitale possano essere capiti e valutati dagli utenti; 4) fornire autorevolezza scientifica alla visualizzazione digitale nello studio, nell'interpretazione e nella gestione dei beni culturali; 5) assicurare che siano stabilite e applicate strategie di accessibilità e sostenibilità; 6) offrire una solida base d'appoggio sul quale le comunità impegnate nel settore possano costruire linee guida più dettagliate a implementazione della Carta di Londra (2006, bozza in italiano 2.1 del 2008).
5. <https://www3.astronomicalheritage.net/index.php/about/what-is-astronomical-heritage>.
6. <https://whc.unesco.org/en/events/1433/>.
7. <https://whc.unesco.org/en/news/1830Z>. "Promote the knowledge of astronomical values and its dissemination through the use of multimedia approaches to describe complex scientific concepts in ways which are simple and accessible, in compliance with the criteria established in the London Charter for the Computer-based Visualisation of Cultural Heritage (2008)". Il punto, insieme al precedente 17, è stato proposto dalla scrivente, condiviso da tutti i partecipanti e per questo incluso nelle raccomandazioni.

La misura del tempo tra arte e scienza



Wormhole, il cunicolo spazio-temporale per connettere due universi.
(Fonte iconografica: Ai confini della Relatività, Aula di Scienze, Zanichelli. Immagine shutterstock.com).

Tempo & Cosmologia

Abstract

"Lo spazio e il tempo sono forme generali dell'esperienza umana. Non possiamo concepire nessuna realtà se non sotto condizioni spazio-temporali" (Cassirer 1992, p. 105). Tale considerazione è tanto più vera in cosmologia, la scienza che pretende di descrivere tutta la realtà in un unico sistema. In questo saggio, delineeremo come ogni modello cosmologico sia il frutto di un particolare ambiente culturale e come la speculazione cosmologica sia passata da concezioni mitico-religiose fino all'attuale *precision cosmology*, che si prefigge di misurare l'universo e di descriverne l'evoluzione.

"Space and time are general forms of human experience. We cannot conceive any reality except under space-time conditions" (Cassirer 1992, p. 105). This consideration is even more true in cosmology, the science that claims to describe all of reality in a single system. In this essay, we will outline how each cosmological model is the fruit of a particular cultural environment and how cosmological speculation has moved from mythical-religious conceptions to the current *precision cosmology*, which aims to measure the universe and describe its evolution.

Parole chiave

Cosmologia
Modello cosmologico
Antropologia culturale
Cosmologia scientifica

Salvatore Capozziello
Dipartimento di Fisica "E. Pancini"
Università di Napoli "Federico II"
→ capozziello@unina.it

Introduzione

Ogni volta che si tratta di cosmologia, sia in ambito filosofico che scientifico, vengono poste alcune domande più o meno "lecite" che spesso non hanno risposta. Si parte ovviamente dal chiedersi "cosa è la cosmologia?", oppure "a che serve?". " È una "scienza galileiana" in senso stretto oppure è una "meta-scienza"?. A seguire: "perché esistono tanti modelli cosmologici se l'universo che osserviamo è uno solo?" e ancora "che ruolo hanno, in cosmologia, la fisica, la matematica e l'astronomia?". "Quali sono le relazioni tra la cosmologia, la filosofia e la religione?" fino ad arrivare a domande "ultime" come "il tempo in cosmologia è ciclico o lineare?" oppure "esistono uno o più universi?". L'elenco potrebbe andare avanti all'infinito e questo testimonia il fatto che, volenti o nolenti, il "problema cosmologico" è presente in tutte le culture, in tutte le epoche e in tutte le religioni. Esso è naturalmente connesso alla concezione e alla percezione che l'essere umano ha del mondo.

Quindi, diventa interessante non solo capire l'universo nella sua struttura ed evoluzione, ma anche capire quale sia stato l'impatto della cosmologia in una dato periodo storico. In altre parole, la cosmologia ha sempre avuto una valenza culturale che può essere positiva (inquadrare il problema "universo" in un particolare sistema filosofico, religioso o scientifico) oppure negativa (è inutile porsi la questione di cosa sia e come evolve l'universo perché non è un problema "pratico"). In particolare, è interessante notare che le stesse intuizioni sensibili, universali e necessarie con cui Kant definisce spazio e tempo (Kant 1995), possono diventare "operatori" con cui misurare l'universo e descriverne l'evoluzione.

Finiamo quindi alla concezione moderna di spazio-tempo (Hawking & Ellis 1973), trattato come la struttura evolutiva stessa del cosmo. In altre parole, lo spazio-tempo della moderna cosmologia scientifica coincide con l'universo stesso e ne determina la sua evoluzione (Kenyon 1990).

In questo saggio, vogliamo delineare, senza pretesa di completezza, il ruolo del tempo (e necessariamente dello spazio) in cosmologia partendo dal *sensorium Dei* delle cosmologie antiche, fino a giungere al concetto di multi-temporalità della cosmologia quantistica che pone prepotentemente il problema delle condizioni iniziali da cui è evoluto universo che osserviamo. Ovviamente, questo porta alla cosiddetta *Many Worlds Interpretation* (Everett 1957) in cui più universi (e quindi più spazi-tempi) sono concepibili.

Nello specifico, la fisica moderna si sta confrontando con il problema dello spazio-tempo quantistico in cui sia lo spazio che il tempo non possono essere concepiti come un continuo, ma come entità discrete. In definitiva, partendo dai modelli cosmologici mitico-religiosi fino all'attuale cosmologia quantistica, passiamo dalla percezione del tempo di un soggetto (l'uomo) che "sente" il tempo passare, ad una definizione generale del tempo che occorre per stabilire una cronologia universale, fino ad una concezione "operatoriale" del tempo che permette di misurare l'evoluzione di un sistema fisico, ad esempio l'universo stesso (Capozziello & Faraoni 2011). L'estremizzazione di tale approccio conduce alla formulazione del concetto di "tempo discreto" e di tempi diversi per sistemi diversi, cioè universi differenti eventualmente non correlati tra di loro (Capozziello & Boskoff 2021).

In questa prospettiva, "rappresentare" il tempo, non solo come cronologia di fenomeni, ma come indicatore di più possibili realtà diventa essenziale.

Il saggio è strutturato come segue. Delineeremo brevemente il rapporto tra cosmologia e cultura ponendoci, essenzialmente, il problema di come il rapporto tra uomo e universo può essere essenzialmente oggettivo o soggettivo. Tratteremo quindi gli sviluppi storici del concetto di "modello cosmologico" distinguendo modelli mitico-religiosi, filosofici e scientifici. Punto saliente per passare ad una concezione totalmente scientifica del problema è la constatazione di Kant che la filosofia è inadeguata a rispondere alla questione di come sia fatto l'universo.

Delineeremo quindi il problema di come la cosmologia possa essere inquadrata tra le "scienze esatte" grazie all'applicazione dei metodi della fisica di precisione ad un sistema dinamico che è l'universo stesso. Concluderemo quindi con l'estremizzazione di tale discorso: se l'universo è un sistema fisico, quali sono le sue condizioni iniziali? Più specificamente, quale è la probabilità che un universo osservabile (ad esempio il nostro) si realizzi? In altre parole, la cosmologia quantistica ripropone questioni filosofiche che mettono in questione le nostre concezioni di spazio, tempo e realtà.

Cosmologia e Cultura

In tutte le epoche, ogni cultura si è posta domande fondamentali come quale sia la natura, la struttura ed il fine dell'universo. In particolare, uno degli obiettivi di molti sistemi filosofici, è quello di cercare le relazioni tra l'uomo e l'universo, quindi tra il tempo dell'uomo e il tempo dell'universo, tra il *Kairos* del singolo ed il *Chronos* universale (Ruggiu 1998). Queste relazioni possono essere di due tipi: oggettiva, cioè l'uomo è una componente "cosciente" dell'universo, oppure soggettiva, cioè come l'uomo percepisce e concepisce l'universo. In altre parole, cosa l'uomo-soggetto intende per universo. La speculazione sistematica e articolata di queste problematiche ha assunto anche connotati estetici o addirittura giuridici. Anassimandro chiama *Kosmos* "tutto ciò che è governato da legge", da cui la "cosmologia". Al contrario, il *Kaos* è "la totale assenza di legge" (Sambursky 1959). In altre parole, il *Kosmos* è ciò che è "ordinato nel tempo". Quindi, citando ancora Cassirer, "scindere il problema cosmologico dalla filosofia e dalle domande "ultime" dell'uomo rischia di rendere questa ricerca un mero esercizio intellettuale,

non collocabile nel quadro esteso di una più generale antropologia culturale" (Cassirer 1992, p. 357).
Va comunque notato che, fino alla fine del Settecento, la cosmologia era considerata una disciplina metafisica, con i connotati negativi attribuiti a questo termine dal pensiero positivista. La cosmologia veniva confusa con la filosofia della natura e, quindi, considerata di scarso valore epistemologico. Non si possono fare "esperimenti" sull'universo, quindi il metodo galileiano non era applicabile a tutto il cosmo anche se, in modo indiretto, tale metodo è valido in astronomia e astrofisica.
Tale pregiudizio è sopravvissuto fino a tempi recenti. Raccontava il grande fisico russo Yakov Zeldovich che, ai tempi di Stalin, chi studiava cosmologia in URSS rischiava il *gulag* perché tale disciplina era ritenuta "inutile" e "borghese" (Ginzburg 1994).
Per definire un inizio della cosmologia scientifica e considerare quest'ultima come "la scienza che studia la forma, le leggi fisiche, l'origine e l'evoluzione dell'universo" (Geymonat 1988) dobbiamo giungere all'Ottobre del 1917.
In questa data, Albert Einstein presenta una memoria all'Accademia Prussiana delle Scienze di Berlino, in cui sviluppa le sue considerazioni cosmologiche servendosi della Relatività Generale (Einstein 1995). L'universo è trattato come un sistema dinamico descritto da equazioni di campo relativistiche, le cui soluzioni possono definirne, in linea di principio, la geometria, l'evoluzione e il contenuto di materia.
Il problema cosmologico viene affrontato non a partire da un sistema filosofico, ma è considerato l'applicazione di una teoria scientifica che può avere un riscontro osservativo.
In altre parole, il modello di universo non proviene da una particolare visione del mondo, ma è, invece, la soluzione di un sistema di equazioni che prescindono da una qualsiasi visione filosofica. L'universo è un sistema dinamico che eventualmente evolve nel tempo. Einstein fa di tutto per ricavare un modello di universo statico perché risente del pregiudizio della sua epoca. Tale modello sarà smentito definitivamente tra il 1924 e il 1929 da Edwin Hubble che scoprì la recessione delle galassie (Hubble 1958).
L'applicazione della Relatività Generale alla cosmologia ha fatto acquisire a questa disciplina un profondo valore epistemologico collocandola tra i settori più proficui dell' attuale teoria della conoscenza. In conclusione, un qualunque approccio razionale alla cosmologia non può prescindere da riflessioni fisiche sulla natura dello spazio e del tempo.
Attualmente, la cosmologia è un campo di ricerca attivissimo che può essere collocato all'intersezione di varie discipline come l'astronomia, la fisica, la matematica e (anche) la chimica e la biologia.

Sviluppi storici del concetto di modello cosmologico

Come detto, la speculazione cosmologica è propria di tutte le epoche. Un "modello cosmologico" rispecchia spesso le istanze culturali di una data civiltà. Un modello cosmologico è il frutto del clima culturale, delle strutture politiche e religiose dell'epoca in cui viene formulato.
Se si volesse tentare una classificazione, potremmo dire che i modelli di universo possono essere modelli mitico-religiosi, cioè parte di un credo religioso, modelli filosofici, cioè parte di un sistema filosofico che ha l'obiettivo di dire come è fatto il mondo, e modelli scientifici, basati su teorie fisico-matematiche che, in qualche modo, devono essere supportate da osservazioni (Capozziello 2005).
Inoltre, ogni classificazione non può prescindere dal problema dell'origine dell'universo (la cosmogonia), dallo studio delle leggi che regolano l'universo (cosmologia propriamente detta) e dalla descrizione della posizione dei corpi celesti o delle varie componenti cosmiche come materia, radiazione e, più recentemente, materia oscura ed energia oscura (cosmografia). Queste tre branche del problema cosmologico sono spesso confuse e assemblate in un unico sistema teoretico, mentre gli strumenti di indagine possono essere estremamente diversi. Ad esempio, le cosmogonie mitiche ricorrono alla poesia, la cosmologia quantistica, alla fisica teorica, mentre la cosmografia ha bisogno di osservazioni sempre più precise per formulare leggi cosmologiche corrette basate sui dati.
In particolare, come detto, molti modelli primitivi sono inquadrati in concezioni mitico-religiose o assunti come parte di un credo religioso. Il tempo ha un ruolo marginale e non serve a descrivere l'evoluzione dell'universo. L'intento di questi modelli è essenzialmente etico-morale e non scientifico nel senso moderno del termine.
In questa categoria ricadono i modelli cosmologici della Bibbia, degli Assiro-Babilonesi, le cosmogonie-teogonie della Grecia arcaica e della mitologia germanica.
Per esempio, nelle concezioni egiziane, non si incontra la *Creatio ex nihil*o, bensì l'unione tra due o più elementi, come il principio femminile e quello maschile. Questa unione avviene al di fuori del tempo fisico e quindi l'universo è generato così come è e non evolve.
Per gli Ebrei, l'universo è "la tenda del cielo" che include la dimora di Dio. La terra è una piattaforma galleggiante sull'oceano. Il popolo ebraico non si dedicò mai a questioni astronomiche ed il riferimento è quello babilonese. Per gli Ebrei, Dio è onnipotente ed è inutile ricercare leggi naturali laddove la mutevole volontà del Creatore può cambiarle a suo piacimento in ogni istante.
Nelle speculazioni greche arcaiche, invece, s'incontra un principio unico, il cosiddetto Uovo Cosmico della *Teogonia* di Esiodo (Sambursky 1959).
Il paradigma è spesso questo: l'universo ha avuto origine da una creazione divina ad un tempo indefinito (spesso non fisico); l'universo è geocentrico ed antropocentrico; l'universo è statico. La sua struttura non è indagata attraverso strumenti scientifici (del resto non ancora esistenti o sufficientemente sviluppati) e una una casta sacerdotale "dogmatizza" il modello cosmo-

logico inserendolo in una dottrina religiosa. Il sistema universo non evolve (Bothun 1998).
Ad un certo punto, alcuni astronomi greci, come Ipparco, Aristarco e Tolomeo, riconoscono il ruolo chiave delle osservazioni (effettuate ad occhio nudo). Esse rappresentano i prodromi alla visione teorico-pratica della cosmologia che prenderà le mosse nel Rinascimento.
Le opere di Tycho Brahe, Copernico, Keplero, Galileo e Bruno iniziano il progressivo distacco della cosmologia da una visione mitico-religiosa per evolvere verso una vera concezione scientifica. Possiamo identificare due fatti cruciali che avvengono nel Rinascimento: si concepiscono modelli di universo infiniti (Bruno) in contrapposizione ai sistemi chiusi classico-medievali; si propone l'uso di strumenti scientifici (il cannocchiale di Galileo) per le osservazioni astronomiche. Anche se la cosmologia non è "sperimentabile", le osservazioni contribuiscono ad una formulazione oggettiva dei modelli cosmologici e, per la prima volta, nasce il dibattito (scientifico) sulla struttura del mondo geocentrico o eliocentrico. Vedi il *Dialogo sopra i due Massimi Sistemi del Mondo* di Galileo Galilei (Galilei 1982). Si consideri anche l'interessante saggio sulle cosmologie del Rinascimento di Michel-Pierre Lerner (Lerner 1992).
Con l'avvento della meccanica newtoniana, sembra che il problema cosmologico possa essere definito assumendo l'esistenza di leggi fisiche che descrivono la struttura dell'universo. Ad esempio, l'ipotesi di Kant-Laplace suppone l'origine del Sistema Solare a partire dal collasso dinamico di una nube di gas primordiale. In definitiva, sembra che, prima o poi, la meccanica formulata da Newton possa dire come è fatto l'universo. In questo dibattito, nella seconda metà del '700, si inserisce però lo stesso Immanuel Kant che riconosce l'impossibilità del conseguimento di una conoscenza metafisica trascendente (Kant 1995). Le sue quattro antinomie (cosmologiche e ontologiche) possono essere formulate come segue:

Il Mondo è "limitato" nello Spazio e nel Tempo.
Il Mondo è "illimitato" nello Spazio e nel Tempo.
Nel Mondo tutto è "semplice".
Nel Mondo tutto è "composto".

Il Divenire è "libero".
Il Divenire è "necessario".

"Esiste" un Essere necessario.
"Non esiste" nulla di necessario.

La conclusione è che la filosofia è inadeguata a rispondere alla domanda su come è fatto il mondo. Venendo al caso particolare della cosmologia, potremmo dire, con linguaggio moderno, che la filosofia non ha gli strumenti teoretico-pratici per risolvere tali antinomie.

Cosmologia come Scienza

Veniamo quindi alla cosmologia, intesa come scienza, che si serve di strumenti teorici e osservativi per rispondere alle questioni di come è fatto l'universo, come ha avuto origine e come sta evolvendo.
Come detto, tramite le equazioni di Einstein, l'universo può essere trattato alla stregua di un qualsiasi sistema fisico auto-gravitante. Il tempo è un parametro che dice come evolve la geometria, cioè lo spazio. Il campo gravitazionale è l'interazione fisica che governa tutto l'universo. In particolare, Friedman e Lemaitre dimostrano che l'Universo è un sistema che evolve ed ha avuto un'origine nel tempo (*Big Bang*). Wheeler introduce il concetto di geometrodinamica (Misner, Thorne, Wheeler 1970). In altre parole, l'universo è una struttura geometrica che evolve nel tempo ed è governato da equazioni fisiche.
Grazie alla Relatività Generale, le osservazioni ci dicono che guardare lontano nello spazio vuol dire osservare l'universo ad altre epoche e le misure dei parametri cosmologici ci dicono che questi evolvono nel tempo. Partendo da questo, è possibile tracciare una "storia cosmica" che ha avuto un'origine e in base alla quale l'universo è un sistema in espansione.
L'insieme di tutte le osservazioni permette di ricostruire mappe dettagliate dell'universo alle varie epoche e per questo si parla di *Precision Cosmology*. In tale accezione, possiamo dire che è possibile applicare i metodi e gli strumenti della fisica fondamentale all'universo stesso (cioè la fisica delle particelle elementari) e spesso si parla di *Astroparticle Physics*. In linea di massima, possiamo dire che l'universo ha una durata e una estensione. Il sistema evolve subendo transizioni di fase in cui i vari fluidi materiali presenti in esso (radiazione, particelle e altro) ne determinano l'evoluzione. In particolare, la radiazione cosmica di fondo ci dà informazioni sull'origine dell'universo e sulle strutture a larga scala (Kolb, Turner 1990). Grazie alle osservazioni, l'immagine dell'universo attuale è estremamente dettagliata. Questo ci consente di estrapolare il discorso evolutivo alle epoche primordiali. Si arriva così al cosiddetto modello cosmologico standard (Weinberg 1972) basato sulla Relatività Generale e sulla fisica delle particelle elementari.
Con queste considerazioni in mente, e per coerenza con le altre teorie fondamentali della fisica, l'universo primordiale deve essere stato un sistema quantistico. Infatti, ogni teoria della fisica deve avere la sua controparte quantistica. Si pensi all'elettrodinamica classica e all'elettrodinamica quantistica e così via. Grazie a questa constatazione, dobbiamo necessariamente supporre che, ad una certa epoca, l'universo sia stato in uno stato quantistico per poi evolvere verso le epoche che noi riusciamo ad investigare tramite le osservazioni di precisione. Concludiamo allora che dobbiamo arrivare a formulare una cosmologia quantistica, cioè una branca della cosmologia che studia le condizioni iniziali da cui è emerso l'universo che oggi osserviamo. Questa considerazione pone però un problema enorme. Ogni sistema quantistico rappre-

senta una "collezione" di oggetti quindi, applicando la meccanica quantistica alla cosmologia, dobbiamo supporre più copie dell'universo stesso. Potremmo, in linea di principio, ottenere universi osservabili (cioè sistemi dinamici che evolvono nello spazio-tempo) e non osservabili (cioè sistemi in cui il tempo perde la nozione di parametro evolutivo). Va da sé che siamo nella pura speculazione poiché fino a quando non si trovano prove "sperimentali", osservazioni, o, come si dice in gergo, "segnature" di altri universi, queste considerazioni sono solo teoria. In altre parole, pur con i successi delle osservazioni odierne, le antinomie kantiane di cui sopra riemergono prepotentemente. Tecnicamente si perviene alla cosiddetta *Many Worlds Interpretation* della meccanica quantistica (Everett 1957). Nell'interpretazione standard di Niels Bohr (detta di Copenhagen), l'osservatore classico fa le misure quantistiche e ne interpreta le medie come grandezze fisiche classiche. Nell'interpretazione di Hugh Everett (detta *Many Worlds Interpretation*), osservatore, sistema fisico e misure sono tutti oggetti quantistici. La probabilità che avvenga un evento coincide con la frequenza che esso si realizzi, a differenza dell'interpretazione standard. Ogni sistema fisico (quindi ogni universo) può evolvere indipendentemente come una delle tante copie dello stesso sistema. Questo porta a considerare più evoluzioni (tempi) e quindi più universi (si deve parlare così del cosiddetto multiverso, cioè l'*ensemble* di tutti i possibili universi).
Se sistemi (universi) diversi interagissero, si potrebbero avere evidenze osservative (ad esempio, nella radiazione di fondo cosmico). Se, invece, si dimostrasse che la topologia dell'universo è complessa, si potrebbe passare da un universo ad un altro tramite tunnel spazio-temporali (i *wormhole* che sono soluzioni possibili delle equazioni di Einstein).Ovviamente, come detto sopra, siamo nel regno della pura speculazione pur se confortata da una teoria auto-consistente e matematicamente rigorosa.
Possiamo concludere che la cosmologia come scienza non ha affatto esaurito il problema cosmologico ma, forse, ha aperto nuovi scenari e prospettive inaspettate.

Conclusioni

Il concetto di modello cosmologico è presente in tutte le epoche e in tutte le culture. Esso rappresenta spesso il paradigma della concezione e della percezione del mondo di un dato popolo. In altre parole, cosmologia e cultura sono intimamente correlate e sono espressioni di un dato periodo storico.
La cosmologia scientifica ha dimostrato che l'universo è un sistema fisico che evolve. In essa, il tempo ha un significato oggettivo: ci dice come cambia la geometria quindi non ha più un significato metafisico. Comunque, estremizzando il discorso, se l'universo primordiale è un sistema quantistico, possiamo supporre più copie dello stesso, quindi più tempi e più "evoluzioni". In altre parole, la ricerca delle condizioni iniziali da cui è emerso il nostro universo osservabile pone un problema cruciale: esistono uno o più sistemi dinamici che possiamo chiamare "universi"?
Se future osservazioni astronomiche di altissima precisione dovessero confermare il multiverso, la nostra concezione della realtà, della causalità e del tempo sarebbero concetti che dovrebbero essere totalmente rivisti aprendo prospettive davvero nuove per la scienza, la filosofia e la religione.

Bibliografia

Cassirer E. (1992). *Saggio sull'uomo. Introduzione ad una filosofia della cultura umana*. Roma: Armando Editore.

Kant I. (1995). *Critica della Ragione Pura*. Milano: Edizioni Adelphi.

Hawking S.W. Ellis G.F.R. (1973). *The large scale structure of space-time.* Cambridge: Cambridge Univ. Press.

Kenyon I.R. (1990). *General Relativity*. Oxford: Oxford Univ. Press.

Everett H. (1957). Relative State formulation of Quantum Mechanics, in *Reviews of Modern Physics*, n. 29 p. 454.

Capozziello S. Faraoni V. (2011). *Beyond Einstein Gravity*. Dordrecht: Springer Editions.

Capozziello S., Boskoff W-G. (2021). *A Mathematical Journey to Quantum Mechanics*. Dordrecht: Springer Editions.

Ruggiu L. (a cura di) (1998). *Filosofia del tempo*. Milano: Edizioni Mondadori.

Sambursky, S. (1959). *Il mondo fisico dei greci*. Milano: Edizioni Feltrinelli.

Ginzburg V. L. (1994). Yakov Borissovich Zeldovich. 8 March 1914 – 2 December 1987. *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society* n. 40, p. 430-441.

Geymonat L. (1988). *Storia del pensiero filosofico e scientifico.* Milano: Edizioni Garzanti.

Einstein A. (1995). *Corrispondenza con Michele Besso, 1903-1955*. Napoli: Edizioni Guida.

Hubble E. (1958). *The Realm of the Nebulae*. New York: Dover Editions.

Capozziello S., Funaro M. (2005). *Introduzione alla Relatività Generale*. Napoli: Edizioni Liguori.

Bothun G. (1998). *Modern cosmological observations and problems*. London: Taylor & Francis Editions.

Galilei G. (1982). *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*. Torino: Editore Einaudi.

Lerner M. (1992). *Tre saggi sulla cosmologia alla fine del Cinquecento*. Napoli: Edizioni Bibliopolis.

Misner C.W., Thorne K.S. , Wheeler J.A. (1970). *Gravitation*. New York: Freeman Editions.

Kolb E.W. , Turner M.S. (1990). *The Early Universe*. Chicago: Chicago University Press.

Weinberg S. (1972). *Gravitation and Cosmology*. New York: Wiley Editions.

Charles Ross, *Star Axis dal basso guardando verso nord*, 2002. Foto di Charles Ross. © 2017 by Land Light Foundation.

Upwards/downwards: lo Star Axis di Charles Ross

Abstract

Il saggio intende esplorare il complesso sistema di interazione tra le strutture architettoniche parzialmente ipogee e il paesaggio desertico del New Mexico (USA) nel progetto noto come *Star Axis*, ideato dall'artista americano Charles Ross a partire dal 1971 e iniziato a costruire dal 1975. Il saggio esplora gli allineamenti astronomici esperibili all'interno e all'esterno di ogni sua singola parte, ma anche le strategie di inserimento ambientale adottate da Ross per strutturare una piena compenetrazione fra funzione astronomico-estimativa, organizzazione spaziale e sistema ecologico della mesa.

The essay explores the complex system of interaction between the partially underground architectural structures and the desert landscape of New Mexico (USA) in the project known as *Star Axis*, conceived by the American artist Charles Ross starting in 1971 and begun to build in 1975. The essay explores the astronomical alignments that can be experienced inside and outside each single part of the project, but also the environmental insertion strategies adopted by Ross to structure a full interpenetration between the astronomical-estimative function, spatial organization and ecological system of the mesa.

Parole chiave

Minimalismo
Land art
Light art
Geometria
Astronomia

Agostino De Rosa
Università IUAV di Venezia/ dCP
→ aderosa@iuav.it

Introduzione

Il saggio intende esplorare il complesso sistema di interazione tra le strutture architettoniche parzialmente ipogee e il paesaggio desertico del New Mexico (USA) nel progetto noto come *Star Axis*, ideato dall'artista americano Charles Ross (1937) a partire dal 1971 e iniziato a costruire dal 1975. In particolare, la realizzazione di un clone digitale dell'opera (in via di completamento e la cui apertura ufficiale è attesa per il 2025) da parte dell'*Imago rerum* team, presso l'Università Iuav di Venezia, per una mostra imminente, ha consentito lo studio degli allineamenti astronomici esperibili all'interno e all'esterno di ogni sua singola 'camera' (ognuna di esse legata a cicli astronomici plurisecolari), ma anche le strategie di inserimento ambientale adottate da Ross per strutturare una piena compenetrazione fra funzione astronomico-estimativa, organizzazione spaziale e sistema ecologico della *mesa*.

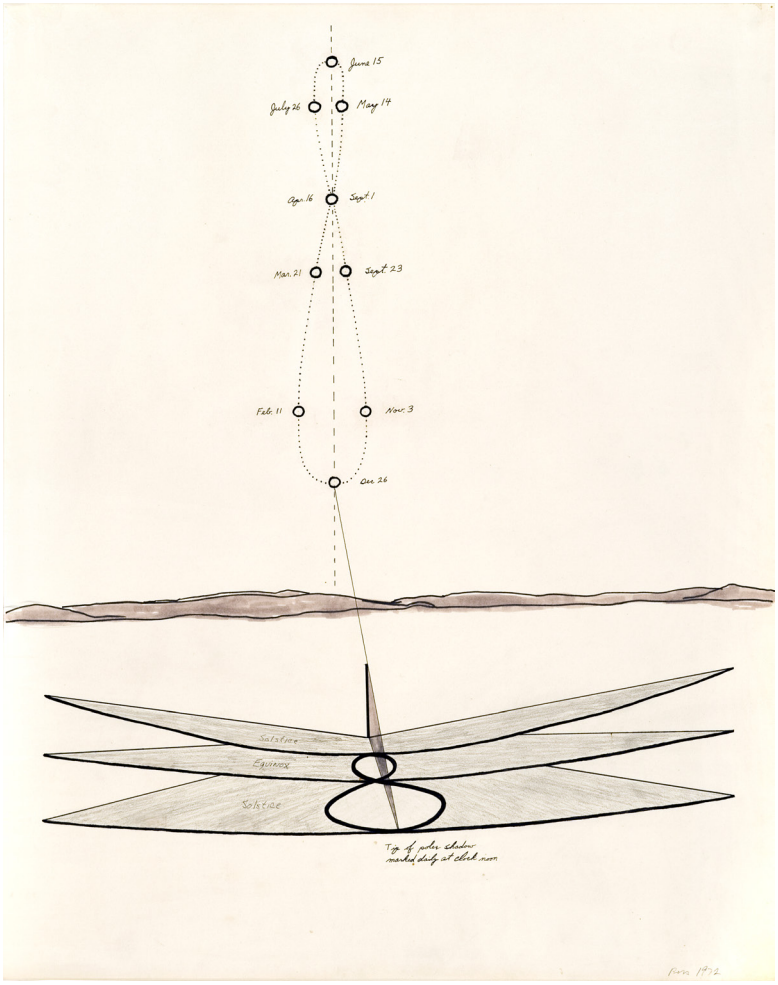
Charles Ross, messaggero della luce celeste

Il *cursus studiorum* di Charles Ross (McEvilley 2012) delinea il profilo di una personalità assai atipica nel mondo dell'arte contemporanea statunitense: dopo aver conseguito una laurea di primo livello (*Bachelor of Arts*) in *Matemathics* nel 1960, Ross ottiene nel 1962 un *Master Degree* in *Sculpture*, entrambi presso la University of California (Berkeley). Ma è solo nel 1965 che l'artista inizia ad elaborare le sue prime significative opere, ovvero prismi trasparenti in acrilico di grandi dimensioni e fogge (Malle 2000; McEvilley 2012): si tratta di forme minimali che rifrangevano e deviavano sia la luce che la percezione visiva, talvolta anche grazie al liquido che contenevano al loro interno. Queste opere cromo-luministiche lo indussero a sperimentare la proiezione di enormi bande di cromie solari in differenti spazi architettonici, tra cui qui ricordiamo *Solar Spectrum*, commissionata nel 1992 per la *Harvard Business School Chapel*, in collaborazione con l'architetto Moshe Safdie, e il *Dwan Light Sanctuary* progettato con Laban Wingert nel 1994 presso lo *United World College campus* di Las Vegas (Oakes 1995, pp. 46-55). Convinto di dover contribuire con la sua opera a tradurre i fenomeni cosmici nell'esperienza quotidiana (Ross 2007), Ross ha proseguito la sua ricerca raggruppando prismi di dimensioni sempre maggiori, orientati con estrema precisione secondo il tragitto del Sole e installati su lucernari e finestre di edifici pubblici: gli spettri solari così ottenuti dalla diffrazione della luce naturale producevano effetti a cascata sulle pareti interne, fino a giungere sul pavimento in determinate ore del giorno, dunque in continua mutazione poiché connessi ai moti roto-oscillatorio dell'asse terrestre e orbitale della Terra. Forse è proprio durante questa fase creativa che Charles Ross iniziò a prendere confidenza con il complesso cinematismo del nostro pianeta e col fenomeno della precessione degli Equinozi (Dehant and Mathews 2015) che, come vedremo più avanti, informerà parte la sua opera matura, rappresentata dallo *Star Axis*. Non è un caso che, quando in quegli anni gli veniva commissionata un'installazione *site specific* di prismi, egli iniziasse il suo lavoro interrogandosi sulla geografia del luogo, ma soprattutto sulla sua orientazione cardinale e cosmica, in modo tale che le sue opere ricevessero la massima illuminazione diurna. Nel 1967 Ross si unì alla cerchia di artisti afferenti alla newyorkese *Dwan Gallery* (Celant 2016; Meyer 2016) dove presero le mosse alcuni importanti movimenti artistici del secolo scorso, come il *Minimalismo*, la *Light Art* e la *Land Art*, definendo sempre meglio il focus della sua poetica creativa: ovvero la scoperta e la materializzazione delle forme e delle strutture contenute nelle radiazioni cosmiche. Sfruttando la luce del Sole e successivamente anche delle stelle come sorgenti luminose principali, la sua opera – che contemplava anche pittura, disegno, fotografia e scultura – era così in grado di slatentizzare le esperienze del colore solare primario e di tradurre le geometre celesti in forme plastiche o grafiche. Ross credeva che l'arte potesse creare portali attraverso i quali accedere a un più grande ordine naturale (Plevin 1991; Sakane 1982), ignorato nell'esperienza comune del fruitore, così risvegliando la sua percezione e innescando soprattutto la sua appercezione. Questo approccio era ancora più evidente, sia pure in forma paradossale, nelle sue opere pittoriche realizzate tramite l'uso della dinamite, a cui l'autore mescolava pigmenti puri: così, quando veniva innescava l'esplosione, questa era in grado di produrre dei grafismi e dei cromatismi tracciati secondo regole stocastiche e probabilistiche su enormi fogli di carta, lastre metalliche o direttamente sul terreno, ricondotto a tela primigenia. Il modello di Ross era qui quello delle rappresentazioni connesse alle equazioni della fisica quantistica, apprese durante i suoi studi universitari, rappresentanti le curve che i fotoni, cioè le particelle di luce, possono potenzialmente seguire nel momento del loro attraversamento della materia, qualunque sia lo strato della sua dimensione cosmica (stratosfera, nanosfera, orizzonte degli eventi, ecc.). Per ovvi motivi di sicurezza, gran parte di queste opere furono realizzate in pieno deserto, un luogo scelto negli stessi anni da altri artisti con differenti finalità espressive (Saad-Cook 1988): le esplosioni generavano enormi nuvole colorate, in cui Ross riusciva ad utilizzare l'intero spettro cromatico contenuto nella polvere pirica, diffuso dall'esplosione su lastre di alluminio adeguatamente preparate (*Dinamite Paintings*), o anche su carta, usando una specifica corda innescante (*Particle Light Drawings*). Così, il linguaggio espressivo di Ross si diresse nel corso degli anni sempre più verso una consonanza fra l'esperien-

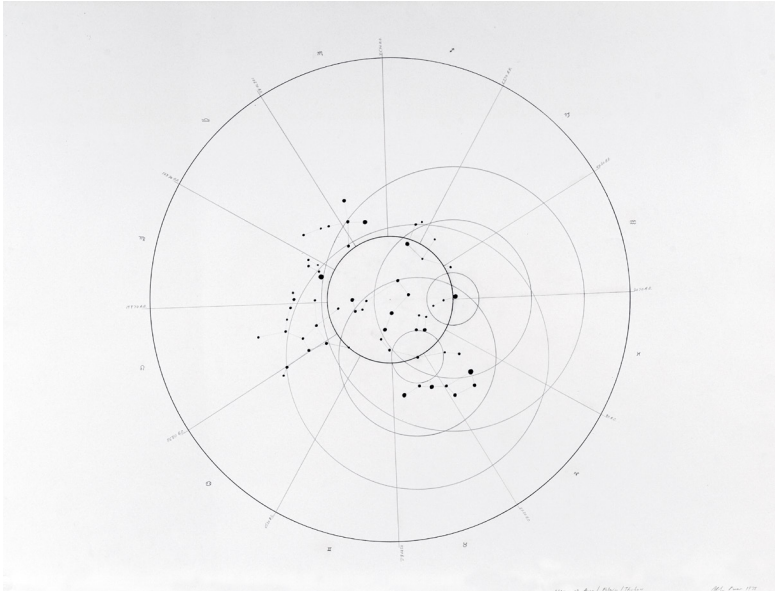
1.
Nella pagina a destra. Charles Ross, *Profili delle ombre portate proiettate quotidianamente, ogni mezzogiorno, sul terreno della mesa dallo gnomone*, 1972. © 2017 by Land Light Foundation

2.
Nella pagina a destra. Charles Ross, *Weaves of Ages/Polaris/Thuban*, 1975. © 2017 by Land Light Foundation

za percettiva delle sue opere da parte del fruitore e le leggi sempiterne che sovraintendono al macrocosmo, innescando processi virtuosi di conoscenza, anche scientifica, dello spazio celeste e di come esso si connetta con quello terrestre. Conviene qui ricordare anche le cosiddette *Star maps* presentate in Italia da Ross durante la *Biennale di Venezia* (1986) dedicata a *Lo Spazio*, e curata da Giulio Macchi (con la collaborazione di Arnaldo Bruschi). Esse costituivano una particolare forma di mediazione artistico-culturale rispetto all'oggetto fisico posto al loro centro: le stelle e il loro aggregarsi in costellazioni. Si trattava di opere cartacee di grandi dimensioni – 2,72 metri di altezza per 7 metri di lunghezza – che stabilivano un rapporto molto diretto ed iletico con lo spettatore. Esse si basavano su 428 negativi fotografici estratti dal *Falkau Atlas*[1], un atlante stellare fotografico che Hans Vehrenberg realizzò negli anni '50 per scopi amatoriali. Questo album mostrava le stelle fino al tredicesimo grado di magnitudo, ben al di là dei nostri limiti percettivi che arrivano solo fino al sesto grado (comprendente le stelle più pallide ancora visibili ad occhio nudo). I negativi provenienti dall'atlante furono disposti da Ross in modo da coprire l'intera Sfera Celeste, da un polo all'altro: il punto di vista considerato dall'artista era quello di un osservatore che si posizionasse al centro della Terra. Le mappe prodotte erano dunque porzioni della calotta celeste, nella forma di spicchi o amigdale, le uniche capaci di approssimare lo sviluppo sul piano di quella superficie non sviluppabile. Alcuni tagli suddividevano la sfera in bande che corrispondevano al decimo grado di latitudine terreste nel cielo, battezzati da Ross *earth-space cut*; altri erano determinati dai limiti delle costellazioni, così come queste furono definite in occasione International Congress of Astronomy del 1920, ovvero *mid-space cut*; e infine un terzo tipo approssimava la suddivisione della sfera in triangoli i cui vertici corrispondevano al raggio di spostamento delle stelle in un'ora di tempo, *earth-time cut* (se ne ritroverà traccia in una delle camere dello *Star Axis*). In ciascun dei tre casi, la Terra, in modo differente, diventava la misura dell'intero universo. Ancora connessa a questo senso ciclico del tempo terrestre e celeste, era la serie intitolata *Sunlight Convergence/Solar Burn: The Equinoctial Year, September 23, 1971 – September 22, 1972*, poi evolutasi in *A Year of Solar Burns* (1993), una installazione commissionata dal *Ministre de la Culture* Jacques Toubon per le Salon Verte dello Chateau d'Oiron (XV secolo, valle della Loira, Francia) (Martin 2000, 170-173). In quella sede furono esposte una serie di suggestive immagini realizzate in New Mexico, ottenute posizionando una serie di pannelli di legno bianco al di sotto di una grande lente d'ingrandimento, nota come *lente di Fresnel*. Le 365 immagini così ottenute costituivano un ritratto della luce sola-



1.

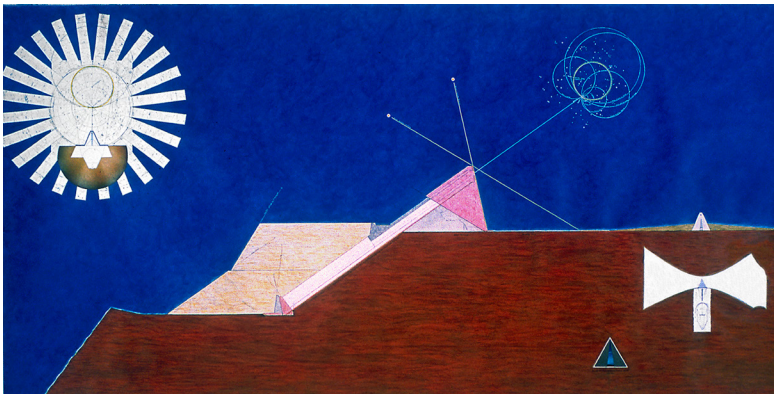


2.

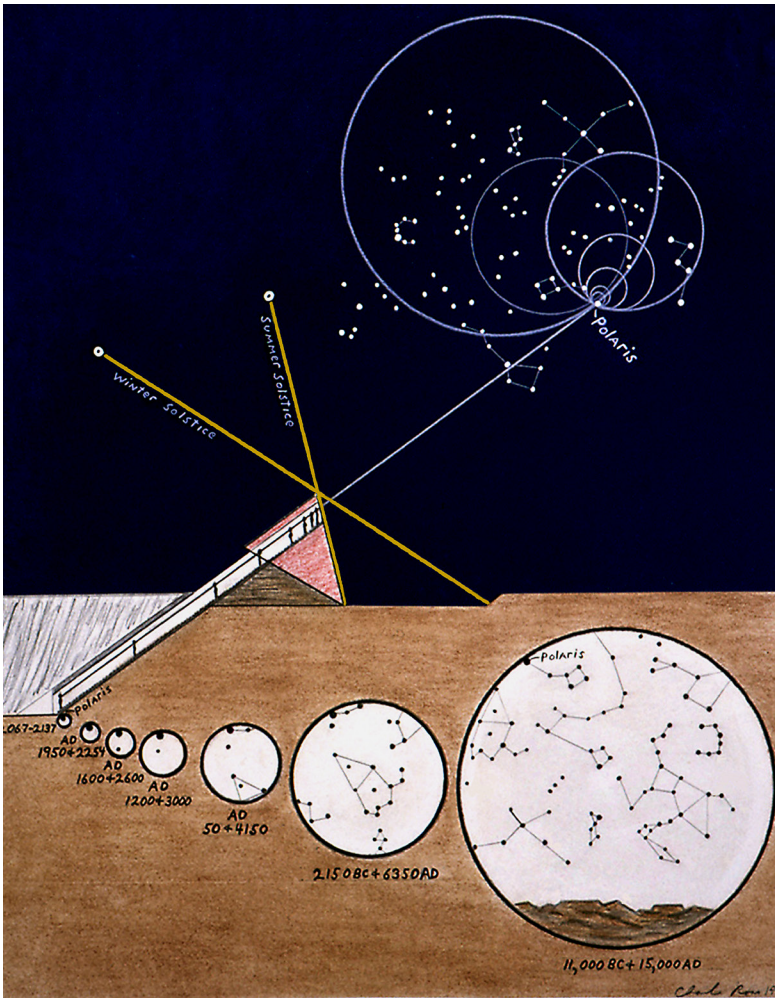
re disegnato dal Sole stesso, capaci di evocare le differenti condizioni ambientali e celesti in cui erano state prodotte: un cielo sereno, ad esempio, era in grado di generare un'ampia e sfumata bruciatura dai soffici bordi irregolari; mentre il passaggio delle nuvole creava un'interruzione nel segno delineato dal processo cauterizzante del Sole (Ross 2007). Il fatto poi che tali 'bruciature' presentassero una concavità rivolta verso destra o verso sinistra permetteva invece di desumere che esse erano state prodotte durante uno dei due Solstizi; mentre la bruciatura rettilinea suggeriva, come giorno della sua genesi, uno dei due Equinozi. Continue o interrotte che fossero, e concettualmente opposte rispetto al funzionamento dei solar prisms, le *Solar Burns* restituivano un ritratto fisico della natura temporale dello spettro solare, e al contempo delineavano una sua biografia in forma proiettiva. Inoltre, Ross scoprì che se disposte in successione, seguendone le relative curvature, in ordine cronologico, dall'estate all'inverno, le *Solar Burns* tracciavano una doppia spirale inversa, che raffigurava con precisione la rotazione della Terra attorno al Sole durante l'anno. Questa *Solar Burn Spiral*, incisa nel pavimento del castello francese, era del tutto simile alle doppie spirali ritrovate in diversi petroglifi preistorici e in molte sculture di indiani native, come gli Anasazi del Chaco Canyon (New Mexico), che se ne servirono per creare un proprio calendario solare. Per Ross, questa linea grafica costituiva anche l'elemento generatore del simbolo di infinito, il cui disegno risultava dalla dialettica interna tra forze terrestri e celesti che agiscono su scale temporali diverse. Queste e altre opere eseguite da Charles Ross segnarono il progressivo avvicinamento dell'artista ad una scala sempre più architettonica della sua creatività che culminò nella creazione, a partire dal 1975, dello *Star Axis*, il suo celebre earthwork situato presso la *Chupinas Mesa*, un altopiano montuoso appartenente alla San Miguel County, una delle trentatrè contee del New Mexico (USA).

Misurare lo spazio celeste: finalità e contesto storico-geografico del progetto

Posto a solo ad un'ora e mezza di distanza da Santa Fe e a 160 km verso est di Albuquerque, *Chupinas Mesa* si situava al confine tra aree civilizzate e zone selvagge, isolato e tuttavia facilmente accessibile. Un paesaggio primitivo circondato da ampi *ranches* che rendeva visibile il profilo della *Via Lattea* nel cielo notturno, grazie alla quasi totale assenza dell'inquinamento luminoso prodotto dalle grandi aree urbane. Da quell'altopiano, sospeso sul deserto, era possibile spingere lo sguardo fino a seicento chilometri, una distanza sufficiente per percepire la curvatura della superficie terrestre (Ross 2007). Bisogna far risalire al 1971 l'inizio della ricerca, da parte di Charles Ross, del luogo ideale in cui am-



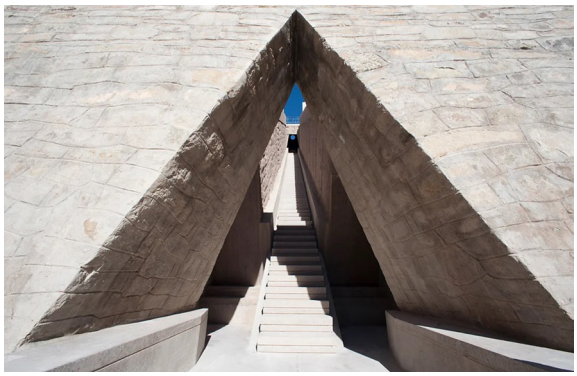
3.



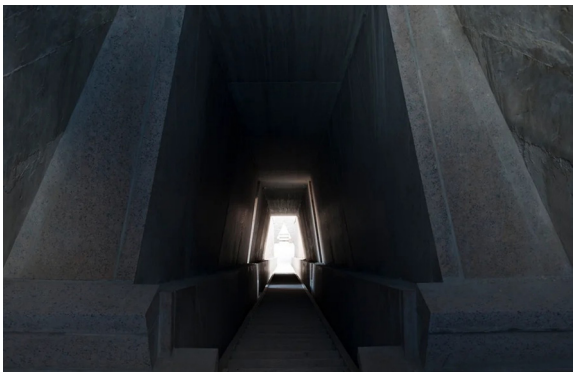
4.

3.
Charles Ross, *Cross Section on Star Axis*, 2000.
© 2017 by Land Light Foundation

4.
Charles Ross, *Walking up the Star Tunnel*, 1994.
© 2017 by Land Light Foundation



5.



6.

7.

8.

5.
Charles Ross, *Star axis*, 1975, New Mexico. L'ingresso dello *Star Tunnel*.
© 2017 by Land Light Foundation

6.
Charles Ross, *Star axis*, 1975, New Mexico. Campo dello *Star Tunnel*.
© 2017 by Land Light Foundation

7.
Charles Ross, *Star axis,* 1975, New Mexico. Controcampo dello *Star Tunnel*.
© 2017 by Land Light Foundation

8.
Charles Ross, *Star axis*, 1975, New Mexico. L'oculo sommitale da cui osservare la danza di *Polaris*.
© 2017 by Land Light Foundation

bientare il suo progetto visionario: a partire da allora e nei quattro anni successivi egli, infatti, intensifico le sue esplorazioni attraverso tutto l'Ovest statunitense, visitando lo Utah, il Nevada, il Colorado, il Texas e infine il New Mexico. In aggiunta ai requisiti tecnico-orografici, l'autore iniziava a rendersi conto che era alla ricerca di una più profonda e metafisica qualità del sito, ancora opaca a quel tempo: "Per un qualche motivo, continuavo a ritornare nella mesa del New Mexico. Solo molto tempo dopo ho capito che il potente spirito di questo luogo mi suggeriva la sensazione di essere al confine tra terra e cielo. Qui, entrambi gli elementi avevano eguale peso, e da qui si poteva apprezzare la curvatura terrestre, come se si guardasse verso un oceano di luce che si estendeva attraverso le pianure." (Ross 2007 s.i.p.)

Nel 1975 Ross finalmente acquistò la *Chupinas Mesa*, un altopiano di circa quattrocento acri – ricoperti da piñon, ginepri, querce nane e cactus cholla –, da W. O. Culbertson Jr., proprietario dell'originario ranch destinato all'allevamento di bovini. L'operazione fondiaria costò all'artista circa $3.000.000, cifra parzialmente coperta da donazioni proveniente da privati, corporazioni, fondazioni e dalla vendita di altre opere da parte dell'artista. Dal 1975 al 1980 Ross completò le indagini aeree e la redazione dei necessari rilievi topografici del sito, costruendo ben otto chilometri di strada per garantire l'accesso carrabile all'area, nel frattempo sottoposta a complesse operazioni di movimentazione del terreno, grazie all'impiego di gigantesche macchine scavatrici: "Ogni elemento dello *Star Axis* – ogni sua forma, misura e angolo – fu prima scoperto tramite un'osservazione astronomica e poi calato sulla terra – la geometria delle stelle ancorata alla terra e alla roccia. L'opera è in continua evoluzione. Non ho mai ultimato i miei progetti finché non eravamo in grado di costruirne ogni sezione. Star Axis deve apparire come se si fosse sviluppato dalla Terra – non imposto ma scoperto, trovato sul luogo." (Ross 2007 s.i.p.) [figg. 1-2].

L'intento di Ross con lo *Star Axis* è stato quello di rendere percepibili diversi tipologie di eventi siderali e temporali, connessi al movimento orbitale e rotatorio della Terra, attraverso una serie di osservatori astronomici ad occhio nudo e le relative ombre. Secondo le parole del progettista, "i giorni, gli anni e le epoche che si estendono al punto da non poterle più distinguere, saranno tutte inscritte in quest'opera. Il tempo sarà espresso in un modo meno antropocentrico, meno automatico." (Ross 2007 s.i.p.)

Per Ross, lo *Star Axis*, una volta ultimato, consentirà ai suoi visitatori di confrontarsi direttamente con cicli cosmici la cui durata e permanenza sono incommensurabili rispetto alla finita esistenza umana. L'opera si iscrive dunque in quel complesso *milieu* progettuale che ha coinvolto molti artisti contemporanei, soprattutto statunitensi – James Turrell

9.

10.

11.

9.
Charles Ross, *Star axis*, 1975, New Mexico. *Equatorial Chamber*.
© 2017 by Land Light Foundation

10.
Charles Ross, *Star axis*, 1975, New Mexico. *Hour Chamber.*
© 2017 by Land Light Foundation

11. Charles Ross, *Star axis*, 1975, New Mexico. *Shadow Field*.
© 2017 by Land Light Foundation

12.

13.

12.
Charles Ross, *Star axis*, 1975, New Mexico. Dall'interno della *Hour Chamber* è possibile vedere un'ora della rotazione terrestre. © 2017 by Land Light Foundation

13.
Charles Ross, *Star axis*, 1975, New Mexico. Dall'interno della *Hour Chamber* è possibile vedere un'ora della rotazione terrestre. © 2017 by Land Light Foundation

(De Rosa 2007), Nancy Holt (Williams 2011), John Luther Adams (Adams 2009), Michael Heizer (Fox 2019) – ed europei – Hannsjörg Voth (Voth 1987) e Lorenzo Reina (Colonnelli 2023), che hanno scelto di esplorare paesaggi isolati o desertici, sospendendo letteralmente le loro opere tra la terra e il cielo, nella scintillante luce di quelle distese incontaminate, alla ricerca di un ordine e di una misura siderale nel movimento del Sole e delle stelle. Il lavoro di ricostruzione digitale, nel caso di *Star Axis*, si è avvalso del contributo di *Imago rerum*[2], team specializzato nella restituzione eidomatica di celebri *earthworks* – come, ad esempio, il *Roden Crater project* di James Turrell, collocato nel Painted Desert in Arizona (USA) –; o di installazioni ambientali – come *Sila* dell'artista e compositore John Luther Adams –, ma anche della consulenza del prof. Ronald W. Canterna (Università del Wyoming, USA).

L'abitazione più vicina al sito dista 40 km, ed è collocata nella città di Las Vegas, nel New Mexico – non quella del Nevada –, antico e importante snodo ferroviario e commerciale, oggi diventata una città fantasma. L'altipiano, oltre a consentire un'ottima visibilità della volta celeste – essendo pressoché assente qualunque forma di umidità e di inquinamento luminoso –, offriva lo spazio necessario per la realizzazione di un osservatorio astronomico ad occhio nudo paragonabile, per dimensioni, a un edifico di undici piani, con un'estensione longitudinale di circa centossessanta metri: un'opera titanica su scala umana e, allo stesso tempo, minuscola se rapportata alla dimensione desertica e, soprattutto, a quella celeste. La scelta di Ross di cercare un luogo isolato in cui ambientare la sua opera è stata condivisa da molte opere della cosiddetta *Land Art*: questo tipo di interventi ha sempre richiesto luoghi percettivamente 'aurorali', implicando spesso l'ingente spostamento di tonnellate di terra e la movimentazione di materiali edili – travi d'acciaio, tonnellate di cemento e di pietra – *in the middle of nowhere*. Lo *Star Axis* si delinea oggi come un'enorme scultura architettonica *sky-oriented* di granito, arenaria, cemento e acciaio inox. L'opera, come già anticipato, delinea allineamenti tra il sito terrestre e alcuni oggetti celesti, traducendo la geometria stellare in una forma percettivamente esperibile dal fruitore umano [figg. 3-4]. Gli spazi che lo configurano, posti in successione, offrono al visitatore una serie di ambienti dove sperimentare soprattutto la rotazione dell'asse terrestre in diverse finestre temporali come, per esempio: durante ogni ora di rivoluzione terrestre o il trascorrere delle stagioni; secondo gli incrementi storici del ciclo di 26.000 anni legato alla precessione degli Equinozi, e così via. Si tratta dunque di un luogo

14.

15.

ideale per esplorare il compenetrarsi di spazio e tempo, polverizzando l'orizzonte secolare. Una delle prime operazioni condotte da Ross sull'altopiano della *Chupinas Mesa* fu quella di scavare con la dinamite una sorta di anfiteatro tronco-conico rovescio, le cui pareti risultavano inclinate e orientate in rapporto ad alcune configurazioni celesti, inserendovi un tunnel cilindrico, lungo sessantacinque metri e del diametro di poco superiore ai due metri. L'estremità superiore dello *Star Axis* così s'innalzava, rispetto al piano della *mesa*, di circa venti metri, risultando circondata e sostenuta da una muratura di pietre ordite a secco. Per realizzare tutto questo, l'artista ha dovuto utilizzare in modo intensivo la dinamite che gli ha consentito di modellare lo spazio arido e roccioso del deserto con maggiore facilità. Ross è infatti una delle rare persone in USA ad essere stata autorizzata dalla *FBI* ad utilizzare sul suolo statunitense la dinamite a fini non bellici. Questo *earthwork* si articola in cinque parti principali:
- lo *Star Tunnel*, il cui asse è perfettamente parallelo a quello terrestre, percorrendo il quale è possibile camminare attraverso l'intera storia dell'allineamento dinamico della Terra rispetto alla Stella Polare;
- la *Solar Pyramid*, che documenta i movimenti giornalieri e stagionali del Sole attraverso lo *Shadow Field*;
- la *Hour Chamber*, dal cui interno si può osservare ogni ora di rotazione terrestre;
- la *Equatorial Chamber*, ove è possibile apprezzare le stelle visibili all'altezza dell'Equatore Celeste.

L'elemento tettonico che più colpisce il visitatore dello *Star Axis* è la porzione di cono rovescio incassato nella superficie rocciosa della mesa, rivestito esternamente in muratura, di cui dicevamo. È proprio all'interno di questa superficie che si inserisce lo *Star Tunnel*, realizzato interamente in acciaio, per la sua prima metà visibile dall'esterno e in dialogo spaziale con gli altri elementi del progetto, mentre la sua restante parte si immerge nel massiccio granitico che ne cela l'intima struttura. L'accesso ad esso avviene dalla sua base [fig. 5], da cui si è introdotti ad una lunga scalinata di 60 metri di lunghezza, la cui pendenza e dunque il cui asse risultano perfettamente paralleli all'asse terrestre e al suo prolungamento ideale verso il Polo Nord Celeste. In particolare, in cima allo *Star Tunnel* è collocato un oculo in pietra che incornicia una porzione del cielo posto a settentrione [figg. 5-8]: Ross ebbe l'ispirazione per la costruzione di questa parte dell'opera quando capì che l'enormità di tempo e di spazio che la Stella Polare impiega durante gli anni (25772) in cui si svolge il ciclo della precessione poteva essere restituito visivamente e in modo cinematico nello *Star Axis*. Nonostante comunemente si creda che l'asse terrestre punti esattamente verso il nord siderale, questo allineamento in realtà non è preciso, il che implica che *Polaris* sembra percorrere nel cielo notturno un piccolo arco. A questo fenomeno si aggiunge il fatto che il moto rotatorio della Terra non è stabile, descrivendo un doppio cono dai vertici opposti, che spinge e poi allontana il nostro pianeta verso e da *Polaris*. Dunque, quando l'asse terrestre punta in altre aree celesti, allora anche *Polaris* sembra descrivere nel cielo archi progressivamente più grandi, rinunciando al suo ruolo di stella polare. Ognuno di questi circoli può essere interpretato come un indicatore celeste nella storia dell'umanità: invisibile all'osservazione casuale, lo *Star Tunnel* rende percepibile proprio questa oscillazione. Così, dal primo gradino della lunga scalinata è possibile inquadrare, di notte, il cerchio minore dell'orbita circumpolare di *Polaris*, la cui dimensione apparente corrisponde a quella di una moneta posta alla distanza di un braccio (1/2°) dall'osservatore. Dall'ultimo scalino invece si può osservare il cerchio maggiore dell'orbita della Stella Polare sotteso all'intero campo visivo (95°). Per chi si trovi ad attraversare lo *Star Tunnel*, la porzione di cielo incorniciata dalla sezione circolare del foro sommitale della scala inquadrerà progressivamente l'orbita della Stella Polare in un preciso periodo della storia del nostro universo. Il percorso verso quest'oculo è così in grado di esibire le orbite circumpolari intorno al Polo Nord celeste nel loro espandersi e contrarsi dal 13.000 a.C. al 13.000 d.C.: scansioni temporali suggerite al visitatore dalle date incise su ciascuno dei 147 gradini che la compongono. Una delle viste più suggestive di *Polaris* concesse dal tunnel, è quella in cui la stella si muoverà, quasi danzando, lungo il bordo dell'oculo. Proprio la ciclicità della precessione garantirà al visitatore del tunnel di osservare qualcosa che è accaduto nel cielo notturno di un passato remoto, così come del futuro prossimo venturo: insomma, si tratta di una macchina del tempo.

Nella *Hour Chamber* [fig. 9], interna alla *Solar Pyramid*, sarà invece possibile apprezzare, sempre durante la notte, ogni ora della rotazione di ciascuna stella incorniciata nel cielo boreale. La Stella Polare risulterà prossima al vertice superiore di un vano triangolare, segnatamente inquadrata sotto un angolo di 15°, apparendo fissa, mentre le stelle circumpolari impiegano esattamente 60 minuti per passare da qualsiasi punto posto lungo il bordo sinistro (rivolto ad ovest) a quello posto sul bordo destro (orientato verso est). La *Hour Chamber* diverrà, per chi dovesse soggiornarvi, una sorta di area di meditazione intima, ma anche di osservazione ravvicinata dell'ambiente cosmico. La rampa rettilinea dello *Star Tunnel*, come si diceva, emerge al di sopra della *mesa* con una costruzione tronco-piramidale di granito rosa alta circa 16 metri, l'inclinazione dei cui spigoli è stata determinata in base all'amplitudine ortiva: si tratta della cosiddetta *Solar Pyramid* [fig. 10], un'enorme meri-

14.
Nella pagina a sinistra. Charles Ross e Agostino De Rosa nello studio dell'artista. New York 2008. Foto di Gabriella Liva

15.
Nella pagina a sinistra. Charles Ross, Modello dello *Star Axis*. New York 2008. Foto di Agostino De Rosa

diana, le cui ombre portate sull'altopiano indicano i movimenti giornalieri e stagionali del Sole. Quando l'ombra della *Solar Pyramid* si allunga e si restringe sul terreno desertico secondo i ritmi stagionali, questa definisce – attraverso rami di curve iperboliche – un'area denominata *Shadow Field* [fig. 11]. Anche questa parte dell'opera mostra la fascinazione esercitata su Charles Ross dalle culture architettoniche e archeo-astronomiche mesoamericane.

Nel 1980 Ross fu tormentato per cinque notti di seguito da alcuni sogni premonitori che lo avvisavano di aggiungere al suo progetto una camera a forma di cono 'come appoggio' alla costruzione, e che questa avrebbe richiesto molti altri anni di lavoro per la sua realizzazione: "Nell'estate del 2000 iniziai la costruzione dell'entrata allo *Star Tunnel* basandomi su progetti, misure e modelli molto accurati. Fu presto evidente che lo *Star Axis* avesse bisogno di molto, molto di più: un ulteriore elemento, una camera alla base dello *Star Tunnel*, dove si poteva sostare e riorientarsi prima di percorrere in salita il tunnel. Fu chiaro che questa nuova camera non poteva essere progettata o disegnata preventivamente e che la sua geometria si sarebbe dovuta scoprire in corso d'opera. Resi lo spazio esistente più ampio e lavorai con modelli esemplificativi a grandezza naturale in legno compensato per scoprirne la migliore configurazione. In questo modo riuscii a determinare come lo spazio e gli allineamenti stellari si formassero attorno al corpo." (Ross 2007 s.i.p.)

Il risultato di questo lavorio continuo è l'attuale *Equatorial Chamber*: essa introduce nello *Star Axis* una dimensione completamente nuova, offrendo una modalità unica per il fruitore di sperimentare l'intersezione tra l'equatore e l'asse terrestri. L'apertura verso il cielo incornicia le stelle che attraversano il suddetto equatore, così come l'Asse Terrestre e il Polo Nord Celeste. Disposta all'ingresso dello *Star Tunnel*, come si diceva, essa forma con quest'ultimo un angolo retto. Visto da nord, lo *Star Axis* viene percepito come un'esile piramide che si erge sulla mesa, con una camera triangolare posta alla base; da sud invece, ricorda una diga di pietra con una scala al centro [figg. 12-13]. Il fronte orientale è poi coperto da un cumulo di terra, memoria iletica dei grandi movimenti di terra e delle complesse manovre meccaniche occorse per sollevare le lastre di granito levigato rosa, estratto in Texas, che lo rivestono. Una porta laterale nello *Star Tunnel* si apre sul bordo nell'orizzonte rivolto ad est, dove il Sole sorge agli Equinozi, cosicché chi arriva fino alla cima della scalinata non deve scendere ripercorrendola [fig. 14].

Il costo stimato da Charles Ross per costruire lo *Star Axis* è di $2.898.700. Di questi, $2.349.770 sono stati raccolti e spesi per la costruzione. Numerosi privati e fondazioni hanno assicurato fondi e donazioni per completare questa struttura che vuole connettere terra e cielo. Una parte dei denari provengono dalla *N.M. Art Division Santa Fe Council for the Arts* e dal *National Endowment for the Arts*, gestite, come le restanti donazioni, dal College di Santa Fe, una organizzazione didattica no-profit, dove Charles Ross è stato professore straordinario presso il *Department of Arts*. Si prevede che l'opera possa essere inaugurata nei prossimi due anni, venendo aperta alle visite controllate del pubblico mondiale.

Conclusioni

Lo *Star Axis* [fig. 15] incornicia dunque il Sole e alcuni oggetti celesti attraverso forme architettoniche che consentono di apprezzarne le dinamiche e i cinematismi, senza dover necessariamente conoscere le complesse interazioni matematiche e astronomiche che danno forma alla sua struttura. L'operazione di ricostruzione digitale condotta dall'*Imago rerum* vuol rendere ancor più manifesta proprio la relazione tra la Terra e il cielo, offrendo diverse chiavi interpretative, di carattere scientifico e figurale, di uno spazio in cui è possibile percepire la nostra unione armonica con l'universo. Al contempo esso intende anche sottolineare il ruolo che l'arte può rivestire nell'aiutarci a vedere e a capire il mondo – terrestre e cosmico – che ci circonda, così come il posto che noi occupiamo in esso. È vero che questo progetto si basa su calcoli previsi scientifici e astronomici, ma una delle ragioni per le quali esso dura da così tanto tempo è che ad ogni avanzamento del progetto, Charles Ross comprende sempre di più che i suoi calcoli dovranno essere necessariamente rivisti e messi in discussione, in virtù di nuove acquisizioni. La necessità di costruire modelli lignei in scala 1:1, che l'autore inserisce *in situ* per testarne il funzionamento, mostra come in ogni caso sia necessario sempre passare attraverso un'esperienza empirica. Secondo le parole dello stesso Ross, "… la matematica e la fisica sono diventati i mezzi per analizzare la luce in modo da scoprire proprietà e forme. Quest'arte, l'architettura, è uno strumento percettivo, un luogo per comprendere come l'ambiente terrestre si estenda nello spazio siderale" (Ross 2007 s.i.p.).

Note

1. L'atlante contiene 303 mappe stellari in formato A4, allocate in due custodie, ognuna delle quali mostra campi stellari quadrati di circa 12 × 12 gradi. Questo economico ma accurato atlante celeste – che si estende dal polo nord celeste fino alla declinazione −26° – è stato ristampato nel 1963 ed è stato ampiamente distribuito nell'Europa centrale. Il motivo che spinse Vehrenberg a redigere questa opera fu il fatto sorprendente che non esisteva un atlante a prezzi accessibili del cielo boreale, ma solo opere costose e difficili da usare per astronomi professionisti. Fino ad allora, bisognava accontentarsi delle mappe stellari di grande formato di Beyer-Graff o Kohl-Felsmann.
2. Il gruppo di lavoro, coordinato dal sottoscritto, è composto dai membri dell'*Imago rerum team*.

Bibliografia

Adams J. L. (2009). *The Place Where You Go to Listen: In Search of an Ecology of Music*. Middletown: Wesleyan UP.

Celant G. (2016). *Virginia Dwan and Dwan Gallery*. Milan: Skira.

Colonnelli L. (2023). *Il teatro Andromeda*. Venezia: Marsilio.

De Rosa A. (a cura di). (2007). *James Turrell. Geometrie di luce Roden Crater Project*. Milano: Electa.

Dehant V., Mathews P. M. (2015). *Precession, Nutation and Wobble of the Earth*. Cambridge (UK): Cambridge UP.

Dempesey A. (2006). *Destination Art*. Berkeley. Los Angeles: UC Press.

Dempsey A. (2006). Destination Art. London: Thames and Hudson.

Fox W. L. (2019). *Michael Heizer: The Once and Future Monuments*. New York: The Monacelli Press.

Karlin S. (2002). A Sculptor Works Up an Exposé of the Stars' Secrets. In *The New York Times, Arts & Leisure*, Sunday November 3.

Kuspit D. W. (1978). Charles Ross: Light's Measure. In *Art In America*, March/April, pp. 96-100.

Lailach M. (2007). *LAND ART*. Kohln (DE): Taschen.

Malle L. (2000). Transparence et Transcendance. In Charbonneaux, A. M., Norbert, H. (a cura di). *Architectures de Lumiére*. Paris : Editions Marval.

Martin J. H. (2000). *Le Chateau d' Oiron et son Cabinet de Curiosités*. Paris: Éditions du Patrimoine.

McEvilley T., Ottmann K. (a cura di). (2012). *Charles Ross: The Substance of Light*. Santa Fe (NM): Radius Books.

Meyer J. (2016). *Los Angeles to New York: Dwan Gallery, 1959-1971* (exhibition catalog). Washington DC: National Gallery of Art.

Munro E. (1986). Art in the Desert. In *The New York Times*, 7 December.

Oakes B. (1995). *Sculpting with the Environment*. London: International Thomson Pub., Inc..

Plevin N. (1991). Earthwork' Aspires to Connect Man to Heavens. In *Los Angeles Times*, Novembre 10.

Rainer Y. (2006). *Feelings Are Facts: A Life*. Cambridge, London: MIT Press.

Ross C. (1985). Star Axis. In *Whole Earth Review*, Winter 1985.

Saad-Cook J. (1988). With Charles Ross, Nancy Holt, and James Turrell: Touching the Sky: Artworks using Natural Phenomena, Earth, Sky, and Connections to Astronomy. In *Leonardo*, Vol. 21-2.

Sakane I. (1982). World of Expanding Images – Sanctuary Where the Earth Meets the Sky. In *Asahi Shimbun*, 9 September.

Sharpe T. (2007). A celebration of art and science. In *The New Mexican*, 2 November.

Tiberghien G. (1995). *Land Art*. Princeton: Princeton Architectural Press.

Tufnell B. (2007). *Land Art*. London: Tate Publishing.

Voth H. (1987). *Zeichen der Erinnerung: Arbeiten von 1973-1986*. Munich: Das Architekturmuseum.

Williams A. J. (2011). *Nancy Holt: Sightlines*. Oakland (CA): University of California Press.

Tramonto su Damecuta (crediti: Kurt Baumgartner).

Gli osservatori solari a Capri

Abstract

Luogo di grande fascino, Capri ha ospitato imperatori e artisti che la scelsero per l'amenità del paesaggio. Anche gli astronomi videro nell'Isola un sito ideale per fare osservazioni. A metà Novecento l'astronomo Yngve Öhman stabilì la Stazione astrofisica svedese con sedi sul Monte Solaro e a villa Orlandini, mentre Karl Kiepenheuer edificò un Osservatorio solare vicino a villa Damecuta, una delle dimore di Tiberio. Trasferite le attività di ricerca alle Canarie, le strutture capresi furono prima ripensate per continuare gli studi in fisica solare e poi riprogettate per usi turistici e culturali.

A place of great charm, Capri hosted emperors and artists who chose it for the landscape amenity. Even astronomers saw the island as an ideal site to make observations. In the mid-20th century, the astronomer Yngve Öhman based the Swedish Astrophysical Station on Monte Solaro and at villa Orlandini; Karl Kiepenheuer instead established a Solar Observatory near villa Damecuta, one of Tiberius' residences. Transferred these research activities to the Canary Islands, the Capri structures were first rethought to continue the solar physics studies and then redesigned for tourist and cultural uses.

Parole chiave

Osservatori Astronomici
Astronomia solare svedese
Astronomia solare tedesca
Centri culturali
Architettura

Mauro Gargano
INAF – Osservatorio Astronomico di Capodimonte
→ mauro.gargano@inaf.it

Introduzione

Se nel 1734 il Cappellano Maggiore del Regno di Napoli, Celestino Galiani (1681-1753), aveva introdotto la cattedra di astronomia nell'insegnamento universitario, l'istituzione di un osservatorio astronomico arrivò molti decenni dopo, immaginando spazi i più idonei e prestigiosi possibili.

Le diverse specole napoletane ebbero sede in luoghi amenissimi della città, da San Carlo alle Mortelle a Caponapoli, da Pizzofalcone a Capodimonte (Gargano 2017). Qui sulla collina di Miradois, nel 1812 fu fondato il nuovo Osservatorio di Napoli che, per l'eleganza delle architetture, progettate in stile neoclassico da Stefano Gasse (1778-1840), e per la ricchezza della strumentazione, fu definito dallo scienziato Franz Xaver von Zach (1754-1832) "il Vesuvio dell'Astronomia" (Zach 1815). Ma già nel 1791, l'idea dell'architetto Pompeo Schiantarelli (1746-1805) e dell'astronomo Giuseppe Cassella (1755-1808) era apparsa elegante e superba. Progettarono un'imponente torre ottagonale [fig. 1] per le osservazioni astronomiche e meteorologiche nell'ala nord orientale del Palazzo degli Studi che re Ferdinando IV (1751-1825) aveva deciso di trasformare in Real Museo Borbonico e che avrebbe dovuto ospitare anche la specola reale (Gargano 2012). La proposta più suggestiva, però, fu quella avanzata dall'astronomo di Padova Giuseppe Toaldo (1719-1797) giunto a Napoli nel 1788 per incoraggiare la costruzione di "una Specula che manca alla nostra Università" (Gazzetta 1788). Toaldo constatò le precarie condizioni nelle quali lavorava Cassella e la fragile qualità della ricerca astronomica che "apparisce una debole Aurora"(Toaldo 1788, c. 98). Prodigo di consigli al corpo accademico napoletano, Toaldo sottolineò la necessità che anche una delle più grandi capitali d'Europa avesse un osservatorio astronomico e avanzò l'ipotesi di costruirlo in un luogo straordinario qual era ed è l'isola di Capri: come "Ticone scelse l'isola Uena[1] nel Mar Baltico, e gl'Inglesi si sono portati sei miglia fuori di Londra nelle colline di Greenwich,[2] così i Napoletani dovrebbero prender l'Isola di Capri, colà su quella punta famosa ritiro di Tiberio ove non sarebbe d'uopo d'alzar torri vacillanti, mentre lo scoglio offrirebbe l'orizzonte il più libero, e gli Astronomi non soffrirebbero distrazioni dagli importuni … Verrà un tempo che le macchine e le Scienze si dispiegheranno a Napoli, e se i Bolognesi e i Milanesi, Nazioni terrestri, tengono un Osservatorio molto più dovranno averne i Napoletani Nazione Marittima" (Toaldo 1788, c. 98).

L'isola di Capri, cuore del golfo di Napoli, fu il ritiro dorato dell'imperatore Tiberio (42 a.C.-37) per allontanarsi dalle trame romane. A Villa Jovis, dall'architettura scenografica, Tiberio si circondò di letterati e intellettuali e fece costruire anche uno specularium, una torre usata come faro e per le osservazioni degli astri [fig. 2]. L'imperatore, che credeva nel destino, scrutava il cielo con l'aiuto dell'astrologo-astronomo egiziano, Tiberio Claudio Trasillo, tra-

1.
Veduta dello edifizio del nuovo regal museo generale, di Basilio Anito, matita e acquerello su carta, 1791 (Società Napoletana di Storia Patria, 10.D.4).

eva presagi per la sua vita e per le scelte politiche. La proposta di Toaldo, che scientificamente aveva ottime fondamenta, non fu ascoltata, seppur carica di significato storico, in un contesto nel quale il recupero delle antichità e dei miti classici aveva grande sviluppo a Napoli. Solo a metà del XX secolo l'idea dell'astronomo patavino trovò una reale attuazione per iniziativa degli astronomi svedesi e tedeschi che sull'isola azzurra installarono strumenti per l'osservazione del Sole.

La stazione astrofisica svedese di Capri

"Può darsi che il lettore trovi un po' strano che, pur essendo la parte meridionale della nostra penisola ricca di Sole e dotata di un cielo sereno e trasparente, si sia scelta proprio un'isola per installarvi un osservatorio solare… La turbolenza atmosferica viene invece fortemente ridotta sul mare, ed ecco che le isole non troppo vaste sono utili per la sede degli Osservatori solari" (Righini 1955).

Yngve Öhman (1903-1988) è stato il fondatore dell'astronomia solare in Svezia. Cominciò i suoi studi prima all'Università di Uppsala con Bertil Lindblad (1895-1965)[3] e poi all'Osservatorio di Mount Wilson interessandosi di luminosità e distanze stellari.[4] Rientrato in Svezia nel 1938 Öhman cominciò a interessarsi allo studio delle protuberanze solari e nell'Osservatorio di Stoccolma a Saltsjöbaden si dedicò a un costante monitoraggio dell'attività solare (Öhman 1950). Le condizioni meteorologiche non gli permettevano, però, di ottenere lunghe serie di osservazioni e i suoi obiettivi scientifici sembrarono destinati all'insuccesso.[5] Öhman decise di cercare un sito alternativo per le sue osservazioni.

Questa ricerca ebbe un fortunato sviluppo quando la dimora caprese di Axel Munthe (1857-1950), villa san Michele [fig. 3], divenne un luogo di incontro per scienziati e artisti svedesi: "La mia casa sarà aperta al sole, al vento e alla voce del mare, come un tempio greco, e luce, luce, luce ovunque" (Munthe 1930, p. 17). Lo psichiatra svedese visitò l'isola nel 1895 e, innamorato delle bellezze naturali e paesaggistiche di Capri, volle comprare le rovine di un'antica cappella votiva. Durante i lavori furono trovati i resti di un'antica villa romana, i cui reperti archeologici furono sistemati nel nuovo edificio che fece costruire. La sua casa museo divenne meta irrinunciabile di illustri visitatori, tra i tanti l'imperatrice Elisabetta d'Austria, la principessa Vittoria di Svezia, gli scrittori Henry James e Matilde Serao. Quando nel 1949 abbandonò Capri per tornare in Svezia, Axel Munthe donò le sue proprietà isolane allo stato svedese affinché ne facesse una fondazione e un centro di cultura; inoltre decise per testamento che la villa offrisse alloggio "a studenti, artisti, ricercatori, giornalisti o altri ospiti svedesi, che [condividevano i suoi] sentimenti per l'Italia e la cultura classica"

2.

3.

(Munthe 1957). Così Öhman, spinto dall'Accademia delle Scienze di Svezia, nel 1950 esplorò il sito italiano per installare una stazione osservativa. L'interesse della fondazione di villa san Michele e del Centro Caprese per il progetto dell'astronomo resero possibile in breve tempo la costituzione della stazione osservativa.

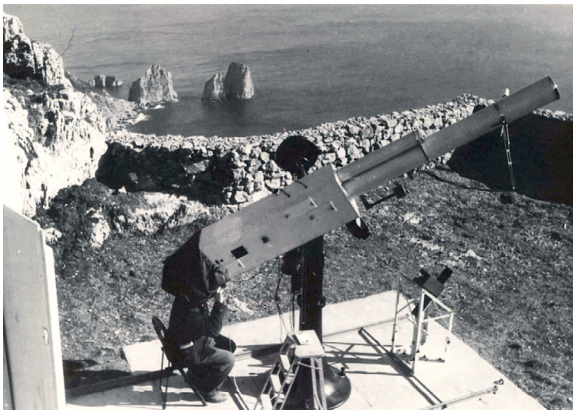
Ignazio Cerio (1840-1921) era un medico abruzzese che condivideva le stesse passioni di Axel Munthe. Uomo eclettico e appassionato di storia e di scienze naturali, Cerio visse a Capri dal 1868, collezionando piante, fossili e reperti archeologici e promuovendo studi scientifici. Suo figlio Giorgio sposò la pittrice americana Mabel Norman (1875-1949) che nel 1947 insieme a suo cognato Edwin costituì il Centro caprese di vita e di studi[6] (Money 2012). Il Centro assunse un ruolo primario nella vita culturale di Capri, favorendo anche il progetto di Öhman per la costruzione di un osservatorio astronomico sull'isola.

Nel 1951 Öhman concluse i test considerando il Monte Solaro, "bruno d'aspetto e selvaggio" (Gregorovius 1865, p. 244), il luogo ideale per un osservatorio [fig. 4]. La notizia apparve anche su alcuni quotidiani e notiziari come La settimana Incom che seguì le osser-

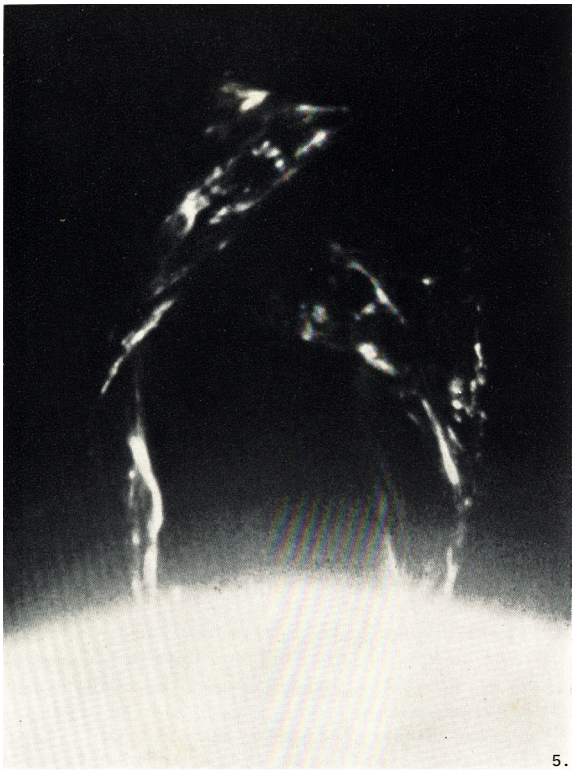
2.
Veduta di villa Jovis con lo specularium secondo una ricostruzione dell'architetto Carl Weichardt (1846-1906) (Weichardt 1900) (Universitätsbibliothek Heidelberg, C 3661-8 Folio).

3.
Villa san Michele in una foto del 1900 circa (Archivio fotografico della Fondazione Villa San Michele).

vazioni di Öhman dell'eclisse solare del 25 febbraio 1952 (L'eclisse del sole 1952).
Con fondi delle fondazioni Magnus Bergvalls e Knut och Alice Wallenbergs, che sostengono l'istruzione e la ricerca in Svezia, l'Accademia delle Scienze prese in fitto da Edwin Cerio casa Cetrella[7] per installarvi alcuni strumenti, mentre il Centro caprese concesse a titolo gratuito villa Orlandi per ospitare i laboratori e gli astronomi. Questa villa, di proprietà dalla famiglia Orlandi dal 1848, sorge sulle seicentesche cisterne del convento delle Teresiane di Anacapri. Raggiungibile solo attraverso una scala greco-romana: "cinquecento sessanta gradini di quella eterna scala di Giacobbe" (Gregorovius 1865, p. 244), Anacapri restò a lungo estranea al circuito dei viaggiatori, nonostante i racconti del medievalista Ferdinand Gregorovius (1821-1891) e la riscoperta della Grotta Azzurra fatta, nel 1826, dal pittore e poeta August Kopisch (1799-1853). Edwin Cerio ristrutturò la villa facendone una piccola Arcadia, sede di incontri culturali e ritrovo di giovani artisti come Andy Warhol, Jannis Kounellis, Sol LeWitt e Mimmo Jodice (Tessitore 2000).
Nel 1953 l'Accademia di Svezia acquistò un terreno tra Casa Cetrella e l'Eremo per costruire dei padiglioni per la strumentazione. La Stazione Astrofisica Svedese di Capri, con le due sedi di villa Orlandi e del Monte Solaro, fu inaugurata ufficialmente il 25 giugno 1955 "alla presenza del consigliere dell'Ambasciata svedese… gli astronomi italiani hanno portato il loro saluto e l'augurio al nuovo osservatorio, lieti che il cielo della loro patria possa offrire ampie possibilità di studio ai colleghi svedesi" (Righini 1955, Kungl. Maj:ts… 1973). Öhman iniziò così l'attività di osservazione dei brillamenti solari con un coronografo applicato a un piccolo telescopio con un obiettivo di 4 cm, proseguendo lo studio cominciato a Saltsjöbaden. L'anno successivo nel giardino della villa installò un eliostato polare per osservazioni giornaliere dei flare e delle protuberanze solari (Öhman 1956). Negli anni successivi la strumentazione fu potenziata per compiere ricerche sul campo magnetico delle macchie solari e per misurare le righe dell'idrogeno e dell'elio (Lindgren 1957). Oltre agli svedesi che si alternavano nelle osservazioni del Sole [fig. 5], frequentarono la Stazione di Capri anche alcuni astronomi italiani come Teresa Fortini dell'Osservatorio di Roma e Arianna e Flavia Colacevich, figlie di Attilio direttore dell'Osservatorio di Capodimonte. Per il gran numero di tecnici e ricercatori che arrivarono, gli spazi di villa Orlandi divennero insufficienti, così l'Accademia decise di costruire una nuova stazione ad Anacapri con fondi messi a disposizione dalla fondazione per il 70° compleanno di re Gustav VI e dalla Stiftelsen Syskonen Wesséns. L'architetto Gunnar Pleijel (1905-1963),[8] sensibile all'uso di fonti energetiche alternative al petrolio e al nucleare, progettò un edificio modernissimo dotato di pannelli solari che producevano fino al 60% del riscaldamento della struttura. Oltre alla costruzione della nuova stazione osservativa, con i proventi della vendita delle strutture osservative sul Monte Solaro all'Istituto Universitario Navale, oggi Università di Napoli Parthenope, fu acquistata una piccola casa di tre stanze usata come foresteria e il 18 giugno 1961 fu inaugurata la nuova stazione in via Fraita ad Anacapri [fig. 6].
Per allargare le ricerche al campo dell'astronomia stellare, nel 1971, fu costruito un padiglione per un telescopio di 60 cm, tipo Cassegrain, con fondi messi a disposizione dalla Gunvor och Josef Anérs stiftelse e dalla ditta Engkvist, costruttrice dell'impianto solare.
Nel 1968 Öhman andò in pensione, tornando a Ca-



4.



5.

4.
Yngve Öhman con il coronografo nelle vicinanze dell'Eremo di S. Maria di Cetrella per verificare le condizioni del sito, 1951 (Archivio personale Yngve Öhman presso il Centro per la storia delle scienze dell'Accademia reale svedese delle scienze).

5.
Protuberanze solari, alte circa 520.000 km, osservate da Kerstin Fredga il 24 luglio 1960 da Anacapri (Bernhard 1989).

6.

7.

6.
Edificio principale della Stazione Astrofisica Svedese in via Fraita, 1961 (Archivio personale Yngve Öhman presso il Centro per la storia delle scienze dell'Accademia reale svedese delle scienze).

7.
Cartolina con le rovine della lussuosa villa residenziale di Tiberio e della loggia, lunga oltre 80 metri, con *ambulatio* ad archi e pilastri che corre da est a ovest lungo il ciglio del pendio (Maiuri 1956).

pri solo tre anni dopo per discutere il futuro della stazione. Le variazioni climatiche e ambientali nel mar Tirreno imposero la ricerca di un nuovo sito. La costituzione, poi, del Joint Organization for Solar Observations (JOSO) nel 1969 per il coordinamento delle ricerche in fisica solare e per la costruzione di un osservatorio solare europeo condusse al successivo smantellamento della stazione di Anacapri. I test furono condotti su oltre 40 siti dalla levantina isola di Siro alle occidentali Isole Canarie. Gli astronomi del JOSO scelsero queste ultime: il vulcano Teide sull'isola di Tenerife a 2392 m fu preferito dai tedeschi, mentre gli inglesi, danesi e svedesi si installarono a Los Roque de Los Muchachos sull'isola di La Palma a 2426 m (Godoli 1986). Nel 1978 Arne Wyller (1927-2001), direttore della Stazione di Anacapri, cominciò a trasferire gli strumenti nella nuova stazione e nel 1985 entrò in funzione lo Swedish Vacuum Solar Telescope (SVST), un telescopio altazimutale con un'apertura di 47,5 cm (Scharmer 1985).

L'osservatorio solare tedesco a Damecuta

A 1400 km di distanza da Stoccolma, a Friburgo in Germania, anche gli astronomi del Fraunhofer Institut erano alla ricerca di un sito alternativo per fare osservazioni del Sole e studiare l'influenza dei flare sulla ionosfera terrestre.

L'istituto di Friburgo fu fondato nel 1943 presso l'osservatorio di Schauinsland da Karl Otto Kiepenheuer (1910-1975), una delle massime autorità in fisica solare a cui si deve la prima teoria sulla corona del Sole. I bombardamenti del 1944 distrussero l'istituto e Kiepenheuer si trasferì negli osservatori americani di Yerkes, Mount Wilson e McDonald. Ritornato a Friburgo con l'intento di approfondire le sue ricerche e ampliare i campi di attività scientifica del ricostruito Institut, fece acquistare nuovi strumenti tra cui un magnetografo, un radiotelescopio e un radiospettrografo per spettri dinamici. La necessità di trovare un sito meteorologicamente più favorevole, spinse Kiepenheuer a tornare[9] in Italia: "con le loro eccellenti condizioni climatiche per le ricerche astronomiche i paesi della sponda sud ed est del Mediterraneo hanno una straordinaria opportunità di attrarre astronomi qualificati provenienti dall'Europa centrale e di elevare, così, il livello della propria ricerca" (Kiepenheuer 1962).

Ascoltando il parere degli astronomi italiani e forse valutando le prime osservazioni fatte da Öhman a Capri, Kiepenheuer decise di costruire un osservatorio solare sull'isola di Tiberio. Ancora una volta il Centro caprese ne incoraggiò l'istituzione ad Anacapri: "Il numero di giorni per anno utili per osservare è sempre superiore a 300, rispetto ai 150-190 nella Germania meridionale… l'area dell'osservatorio è ben nota come zona archeologica che comprende la residenza estiva dell'imperatore Tiberio, il quale apprezzava molto – anche se per ragioni diverse – la vista senza ostacoli e il buon clima" (Kiepenheuer 1962). Nel 1954, l'astronomo tedesco decise di far erigere la stazione solare a 150 m sul livello del mare in corrispondenza della Grotta Azzurra e a circa 350 m da villa Damecuta, una delle dodici residenze capresi di Tiberio che d'estate passeggiava lungo una terrazza costruita sull'orlo di un pendio [fig. 7]. Furono costruiti gli edifici per i laboratori e per le residenze e una torre per un telescopio equatoriale di 11 cm di apertura e 165 cm di lunghezza focale. Nel luglio del 1955 l'Osservatorio Damecuta del Fraunhofer Institut iniziò le attività osservative. Sul terrazzo superiore dell'edificio fu sistemato un celostata Zeiss a due specchi di 30 cm; inoltre la stazione tedesca si dotò di uno spettrografo a tre prismi di Steinheil per registrare gli spettri delle eruzioni solari e di uno con reticolo di Bausch & Lomb per lo studio dei campi magnetici deboli. Qualche anno dopo fu installato anche un magnetografo fotoelettrico per misurare simultaneamente il campo magnetico e lo spostamento Doppler di alcune righe spettrali di Fraunhofer (Deubner 1961).

Kiepenheuer ricostituì la rete internazionale di stazioni osservative per il monitoraggio dei fenomeni solari. I dati provenienti da Tokyo, Sydney, Kodaikanal, dall'Unione Sovietica, Iran, Turchia, Egitto, Grecia, Francia, Norvegia e Messico e dagli osservatori di Kanzelhöhe, Potsdam, Schauinsland, Sacramento Peak e Climax consentirono a Kiepenheuer di collezionare un diario completo degli eventi osservati sul Sole. Dal 1956 pubblicò il Daily maps of the Sun riportando i dati su macchie solari, brillamenti, protuberanze e brillanza della corona provenienti da circa 250 siti. L'osservatorio di Anacapri fu una delle stazioni più produttive.

Agli inizi del 1964 Kiepenheuer ottenne dei fondi per un telescopio di tipo Coudé realizzato dalla Zeiss che fu alloggiato nel luglio 1965 su una torre di 11 metri "in the midst of olive trees, under the blue sky of southern Italy" [fig. 8] (Kiepenheuer 1966). Alle campagne osservative che produssero tanti dati di buona qualità, presero parte molti astronomi tedeschi, tra loro Frank Deubner che a Capri fece le prime osservazioni per lo studio delle oscillazioni coerenti dell'atmosfera solare, aprendo un nuovo campo di ricerca: l'eliosismologia. L'Osservatorio Damecuta ospitò anche diversi incontri internazionali – il primo fu organizzato da Kiepenheuer nel 1966 – partecipati dai massimi esperti in fisica solare. Inoltre Kiepenheuer

8.
Torre osservativa senza cupola, per evitare problemi di seeing dovuti alle correnti d'aria calda, con il telescopio rifrattore di tipo Coudé costruito dalla ditta Carl Zeiss a Oberkochen. L'obiettivo primario è un apocromatico Zeiss a tre lenti con apertura di 35 cm e lunghezza focale di 445 cm (Archivio Fotografico dell'Osservatorio Astronomico di Capodimonte).

creò anche una fruttuosa collaborazione con gli astronomi svedesi e, con l'arrivo a Capodimonte nel 1969 di Mario Rigutti, astronomo solare di riconosciuto valore, anche con un nutrito gruppo di giovani ricercatori italiani, già studenti di Rigutti, che ebbero l'opportunità di lavorare a Damecuta.
Il congresso del 1966 fu anche l'occasione per Kiepenheuer per lanciarsi in un'altra grande sfida, la costituzione di un organismo internazionale per lo studio del Sole: il JOSO. "Nella meravigliosa atmosfera di una sera a Capri… [prese] corpo l'idea lanciata da K.O. Kiepenheuer… di un Osservatorio Europeo Solare dotato di strumenti potenti e di elevata qualità, e un sito scelto con cura per garantire la migliore qualità delle immagini" (Rösch 1979). Diversamente dei colleghi svedesi, gli astronomi tedeschi scelsero l'isola di Tenerife per la costruzione della nuova stazione solare dove installarono il Vacuum Tower Telescope (VTT), un telescopio solare di 70 cm di apertura e 460 cm di focale. Nel 1988 l'Osservatorio Damecuta cessò le attività e gli astronomi tedeschi lasciarono definitivamente Capri.

Le nuove prospettive scientifiche e architettoniche per gli edifici astronomici

Con il completo trasferimento delle attività scientifiche alle Canarie che ne è stato dei siti di Capri? Se lo specularium di Tiberio era crollato già qualche anno dopo la morte dell'imperatore, per quel che riguarda le stazioni solari svedese e tedesca, la documentazione consultata, seppur non completa, è ricca di dettagli e permette di tracciare a grandi linee le vicende degli ultimi anni.
Nella seconda metà degli anni '90, l'Università di Napoli Federico II sottoscrisse con il Centro caprese un accordo per ospitare a villa Orlandi congressi, corsi di specializzazione e iniziative culturali e scientifiche. L'osservatorio svedese di via Fraita era stato ceduto nel 1982 dall'Accademia di Svezia al CNR a un prezzo simbolico con l'intesa di destinarlo a iniziative di studio e ricerca. Nel 2009 il CNR, però, per ripianare un buco di bilancio, decise di venderlo suscitando forti proteste del governo e dell'Accademia svedese che sottolinearono come il presidente dell'ente, Ernesto Quagliariello (1924-2004), avesse garantito al segretario generale dell'Accademia, Karl Gustaf Bernhard (1910-2001), che il CNR avrebbe potenziato la struttura e non l'avrebbe mai ceduta (Rizzo 2009). Un gentlemen's agreement svanito con la scomparsa dei due protagonisti. Le aste pubbliche, però, sono andate deserte e il sito resta una struttura congressuale: Osservatorio Cultura Ricerca Formazione Divulgazione – Anacapri del CNR.
L'Osservatorio Damecuta invece raccolse l'interesse dell'Accademia Sinica, soprattutto per la strumentazione che "non può essere trasferita alle Canarie perché legata alla latitudine del luogo" (Rigutti 1986), tanto che l'Istituto tedesco aveva negoziato le condizioni per la cessione. Non si giunse però a un accordo soprattutto per l'alto costo del trasporto degli strumenti in un sito taiwanese. Contemporaneamente a queste trattative, l'Osservatorio di Napoli propose all'Istituto di Friburgo una gestione comune del sito italiano per continuarne le attività. Rigutti definì una bozza di accordo mettendo a disposizione i propri laboratori di elettronica, ottica, meccanica e fotografia, il centro di calcolo e il microdensitometro Perkins & Elmer per la riduzione dei dati. Inoltre avrebbe trasportato a Damecuta un telescopio solare di 20 cm, un rifrattore di tecnologia avanzata di 30 cm, il telescopio Askania di 50 cm, lo spettrografo Jarell & Ash e quello usato nella spedizione in Mauritania per l'eclisse di Sole del 1976 (Rigutti 1986). Gli astronomi tedeschi apprezzarono tale progetto e Rigutti, entusiasta, ne informò il Ministero sottolineando sia l'eccellenza della strumentazione, "il più potente strumento per gli studi solari dell'Europa continentale", sia "il potenziamento strutturale di grandissimo valore scientifico per l'astronomia meridionale" (Rigutti 1986). Anche Carlo Ciliberto (1923-2004), rettore dell'Università di Napoli manifestò interesse per il sito, pensando alla creazione di un Centro interdipartimentale per studi sull'inquinamento delle acque marine e sul monitoraggio geologico, sismologico e vulcanico nell'area tra

9.

10.

9.
Rendering di Massimiliano e Doriana Fuksas per la ristrutturazione del Complesso Astronomico a Damecuta di Anacapri (Fuksas 2011).

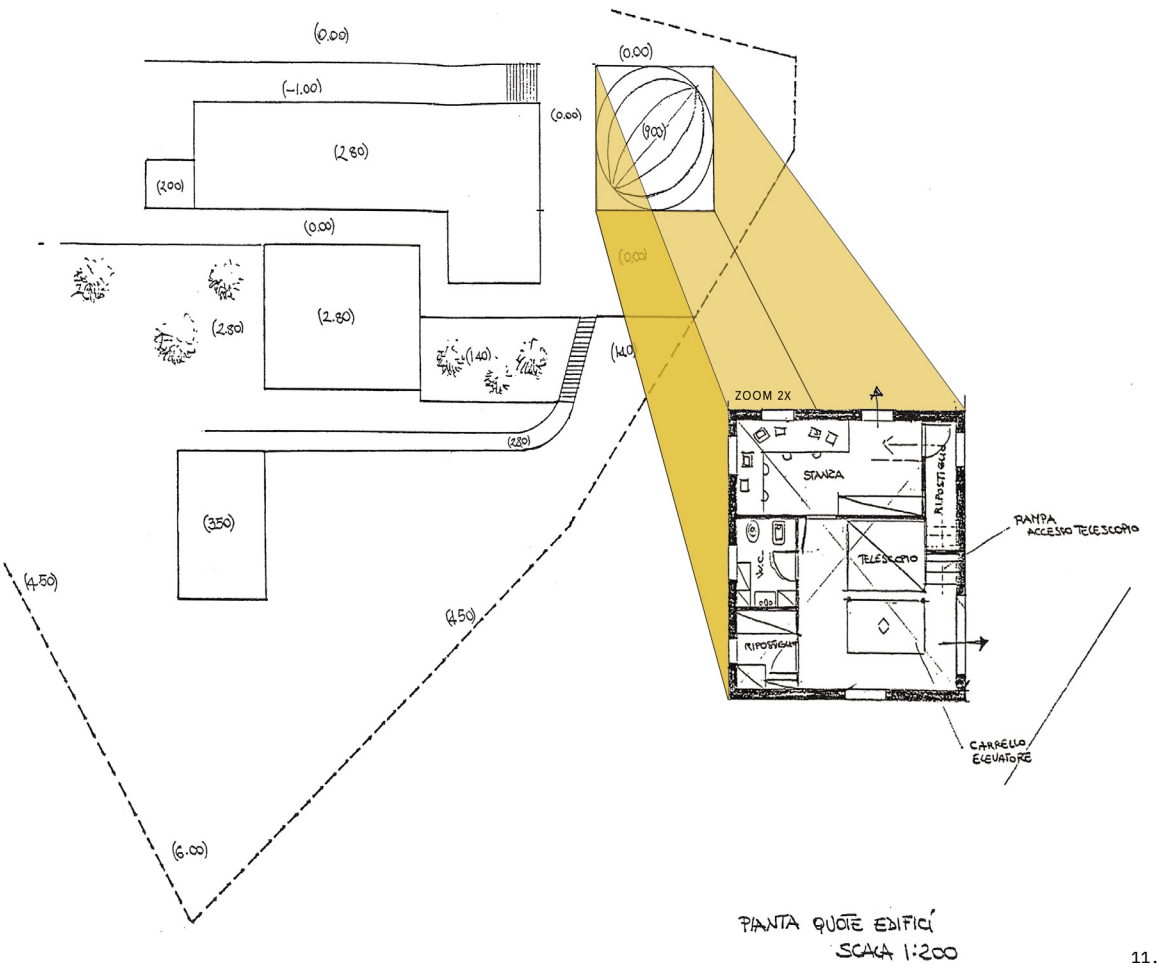
10.
Rendering del progetto discusso nel 2020 da G. Lella per la tesi di laurea magistrale. In primo piano la sala concerti "Maestro Peppino Di Capri" (Raffone 2020).

il Vesuvio e i Campi Flegrei (Ciliberto 1987). L'iniziativa del rettore apparve a Rigutti un'utile sponda affinché il progetto potesse andare in porto. Ma dopo una lunga serie di pareri tecnici, il Ministero dell'università e ricerca scientifica e tecnologica decise di non procedere con passi formali verso le autorità tedesche. Nel giugno 1992 il Land del Baden Württemberg, proprietario del complesso di Damecuta, approvò la vendita del sito per 3,5 milioni di Marchi all'Università di Napoli per scopi scientifici (Landtag 1992). Poi nel 2005 il Land decise di riattare la proprietà per poi venderla, escludendo ogni utilizzo di tipo alberghiero, e nel 2009 un gruppo di imprenditori altoatesini ne acquisì la proprietà affidandone la riqualificazione dell'Osservatorio Damecuta all'architetto Massimiliano Fuksas. Il progetto mirava a recuperare le vecchie strutture osservative, caratterizzando ciascun edificio con nomi simbolici, dalla casa del professore alla casa degli scienziati, dalla torre dei sogni allo specchio delle costellazioni [fig. 9] (Fuksas 2011).

Infine nel 2020, una tesi di laurea in composizione architettonica di Giovanna Lella dal titolo "Casa e parco della musica Peppino di Capri" ha proposto un nuovo recupero della stazione tedesca [fig 10]. Per ridare vita al luogo, lo studio propone interventi non particolarmente invasivi per salvare gli edifici architettonicamente più interessanti, inserendosi nello stile del razionalismo mediterraneo, tipico nell'Isola, che aveva ispirato Joseph Hoffman, Le Corbusier e Giò Ponti (Raffone 2020).

Deciso a realizzare una stazione osservativa a Capri, Mario Rigutti sondò la possibilità di sviluppare una collaborazione con l'Istituto navale, oggi Università degli studi Parthenope, che dal 1960 era proprietario dell'osservatorio solare svedese sul Monte Solaro trasformato in stazione geomagnetica. Così nel 1988 l'Istituto navale, l'Osservatorio di Capodimonte e poi anche l'Osservatorio Vesuviano, concordarono di costituire un consorzio per "rivitalizzare, con nuovi e moderni temi di ricerca scientifica e tecnologica, la stazione di monte Cetrella nell'isola di Capri" (Proposta di Consorzio 1988). Interessato a sviluppare studi di astrofisica stellare ed extragalattica, l'Osservatorio astronomico predispose un piano delle attività, della strumentazione da trasferire a Capri e della loro collocazione. Il telescopio Nasmyth della ditta Askania di 50 cm che si trovava all'Osservatorio di Teramo e un nuovo riflettore Cassegrain di 1 m erano gli strumenti per le misure spettroscopiche e fotometriche. Fu redatto anche un dettagliato piano dei lavori da eseguire. Accanto alla cupola per il Cassegrain, al capannone scorrevole per l'Askania e ai laboratori di elettronica e all'officina meccanica, il progetto prevedeva la realizzazione di un centro di calcolo per l'acquisizione e la riduzione dei dati non solo astronomici [fig. 11] (Gargano 2014).

Analogamente fecero l'Istituto universitario che, oltre alle misure geomagnetiche, propose la costituzione di una stazione meteorologica e una anemometrica (Sposito 1988) e l'Osservatorio Vesuviano che voleva ampliare la rete dei siti per le misure della dinamica delle masse magmatiche e dei fenomeni crostali (Collaborazione… 1988). Sembrò cosa fatta. Ancora nel 1991 si lavorava alla progettazione degli spazi dell'osservatorio multidisciplinare. Poi, le mutate esigenze di ricerca di ciascun istituto, fecero tramontare progetto e consorzio. Del piano scientifico interdisciplinare, in "quella Capri che fu e non sarà più, paradiso di stranieri bizzarri e geniali, di italiani cosmopoliti, di artisti, di scrittori, di scienziati e di matti" (Monelli 1951), restano solo le misure e gli studi della stazione geomagnetica dell'Università Parthenope. Nel 1995, infine, la stazione geomagnetica sul monte Solaro dell'Università Parthenope, svuotata dalle apparecchiature scientifiche, fu data in comodato d'uso agli Amici di Cetrella, un'associazione che si occupa di iniziative di salvaguardia e valorizzazione dell'isola "dei suoi campielli, le sue macchie profumate, le sue ginestre, le sue stradicciole, [del] suo bell'eremo sereno e quieto" (Il carniere 1970). L'osservatorio svedese sul monte Solaro è stato riqualificato, recuperando le facciate e destinando i suoi spazi all'accoglienza dei visitatori che non mancano di apprezzare: "Dio, se esiste, abita da queste parti" (Fiore 2008).



11.

11.
Progetto di sistemazione dell'Osservatorio a Monte Cetrella.

Note

1. Federico II di Danimarca aveva offerto a Tycho Brahe (1546-1601) l'isola di Hven per stabilire un osservatorio astronomico. Nel 1581 fu completata la costruzione di Uraniborg e nel 1587 di Stjernborg. Brahe vi lavorò per circa 20 anni con un centinaio di assistenti usando quadranti, armille e sestanti di straordinaria precisione. Nel 1588 pubblicò un primo catalogo di 777 stelle nel volume: Astronomiae Instauratae Progymnasmata (Swerdlow 1997, pp. 289-301).
2. L'Osservatorio di Greenwich fu istituito da Carlo II nel giugno 1675 e John Flamsteed (1646-1719) ne divenne il primo direttore con il compito di verificare "le posizioni delle stelle fisse, affinché scoprisse la tanto desiderata longitudine dei luoghi per il perfezionamento dell'arte della navigazione". Questa specola seguiva la fondazione dell'Observatoire de Paris del 21 giugno 1667, diretto da Giandomenico Cassini (1625-1712), voluto da Luigi XIV per estendere il potere marittimo della Francia. A Greenwich, in circa 44 anni, Flamsteed fece oltre 48000 osservazioni di stelle da cui derivò l'Atlas coelestis (1725), il primo atlante di 2935 stelle misurate con un telescopio (Gargano 2022).
3. L'astronomo Livio Gratton (1910-1991) fu suo ospite nel 1933: "era un bell'uomo sulla cinquantina, famoso per la scoperta della rotazione galattica, di cui condivide il merito con Oort... [inoltre] aveva sviluppato un metodo molto interessante per determinare la luminosità assoluta o intrinseca delle stelle... Oggi questi metodi sono superati, ma allora erano gli unici che permettessero di ottenere immagini spettroscopiche di stelle molto deboli, con un telescopio di medie dimensioni" (Gratton 2012).
4. Con un piccolo telescopio Zeiss misurò la variazione di magnitudine di nova Cygni 1920, le sue misure furono così utili che l'astronomo Knut Lundmark (1889-1958) le pubblicò (Cfr: Lundmark 1920).
5. Ancora Gratton descrive le condizioni meteorologiche in Svezia: "Ricordo le notti passate all'Osservatorio, nella vana speranza che il cielo si aprisse... ogni tanto uscivo sulla terrazza dell'Osservatorio a guardare il cielo ostinatamente nero... e così ogni notte... scoraggiato e deluso ritornavo a casa, domandandomi perché mai avessero costruito un Osservatorio in un luogo come quello" (Gratton 2012).
6. Successivamente rinominato Centro caprense I. Cerio.
7. Arroccata su una scogliera esposta a sud a 480 m sul pendio del Monte Solaro vicina all'Eremo di santa Maria di Cetrella, la villetta fu fatta costruire dallo scrittore scozzese Edward Compton MacKenzie (1883-1972) che abitò sull'isola dal 1913 al 1924 insieme a sua moglie Faith Stone (1878-1960). Il cottage, quattro stanze con due pini a lato, fu venduto a Edwin Cerio (Money 2012).

8. Professore di architettura all'Istituto reale di Tecnologia di Stoccolma, nel 1955 ebbe il Premio Polhem per "il calcolo della radiazione naturale in architettura e urbanistica", uno studio su come il calore e la luce del Sole possono essere usati nella progettazione e costruzione di edifici e città per migliorare il clima, il benessere e il consumo energetico (per ulteriori approfondimenti si veda: https://www.polhemspriset.se).

9. Dal 1939 Kiepenheuer coordinò le attività scientifiche tedesche per lo studio della ionosfera. Per il monitoraggio delle attività solari costituì una rete tra gli osservatori tedeschi di Wendelstein, Zugspitze e Schauinsland, quello austriaco di Kanzelhöhe e una stazione a Siracusa dotata da Kiepenheuer di un telescopio e di uno spettroeliografo. La stazione fu evacuata nel 1943 con lo sbarco alleato in Sicilia (Kiepenheuer 1956).

Bibliografia

Bernhard C. G. (1989). *The Royal Swedish Academy of Sciences*, vol. 4. Stockholm: The Royal Swedish Academy of Sciences Information Department.

Cerio E. (1946). *Guida inutile di Capri*. Roma: Organizzazione Editoriale Tipografica.

Deubner F.L., Kiepenheuer K.O., Liedler R. (1961). Der Magnetograph des Fraunhofer Instituts. In *Zeitschrift für Astrophysik*, n. 52, pp. 118-131.

Fuksas M. (2011). Villa Solar Observatory. https://tinyurl.com/fuksas-damecuta (consultato il 13 luglio 2023).

Gargano M. (2014). 2000 anni di osservazioni astronomiche a Capri. In *Il Giornale di Astronomia*, n. 40/1, pp. 31-41.

Gargano M. (2017). The status of astronomy in Naples before the foundation of the Capodimonte Observatory. In Esposito S. (a cura di). *Atti del XXXVI convegno nazionale Sisfa*. Napoli, 4-7 ottobre 2016, pp. 205-214. Pavia: Pavia University Press.

Gargano M. (2022). John Flamsteed: Atlas coelestis. In Chinnici I., Gargano M. (a cura di). *Cosmic pages: star atlases in Italian astronomical observatories*, pp. 105-128. Napoli: Arte'm.

Gargano M., Olostro Cirella E., Della Valle M. (2012). *Il tempio di Urania: progetti per una specola astronomica a Napoli*. Napoli: INAF – Osservatorio Astronomico di Capodimonte.

Gazzetta Universale (5 febbraio 1788), n. 11.

Godoli G. (1986). The Joint Organization for Solar Observations (JOSO) and the Large Earth-based Solar Telescope (LEST) Foundation. In *Memorie della SAIt*, vol. 57, n.4, pp. 631-654.

Gratton R. (2012). Livio Gratton, viaggio di un astronomo attraverso il XX secolo, parte 7. In *Coelum*, n. 163, pp. 34-35.

Gregorovius F. (1865). *Ricordi storici e pittorici d'Italia*, vol. 1. Milano: Manini.

Kiepenheuer K.O. (1956). Ein Observatorium des Fraunhofer lnstituts auf der Insel Capri. In *Physikalische Blätter*, n. 12, pp. 122-124.

Kiepenheuer K.O. (1962). German solar observatory on Capri. In *German*, n. 7/28, p. 46.

Kiepenheuer K.O. (1966). The domeless solar refractor of Capri observatory. In *Sky and Telescope*, n. 31/5, pp. 256-259.

Kungl. Maj:ts proposition angående Vetenskapsakademins och dess institutioners framtida ställning och verksamhet m.m. (1973). In *Riksdagen*, n. 59, pp. 27-32.

Landtag von Baden-Württemberg (1992). Beschlußempfehlung und Bericht des Finanzausschusses zu dem Antrag des Finanzministeriums vom 1. Juni 1992. Verkauf des astronomischen Observatoriums Damecuta-Anacapri auf Capri. 30 giugno. In *Parlamentsspiegel*, n. 11. Wahlperiode, Drucksache 11/51.

L'eclisse del sole (27 febbrafio 1952). In *La settimana Incom*. Archivio Luce, I073102. https://tinyurl.com/eclisse-1952 (consultato il 21 aprile 2023).

Lindgren F. (1957). Time-intensity relations for H(Ha) and He (D3) in some solar prominences. In *Stockholms Observatoriums annaler*, n. 19/11.

Lundmark K. (1920). Mitteilung über Nova Cygni. In A*stronomische Nachrichten*, n. 213/20, p. 315.

Maiuri A. 1956. *Capri: storia e monumenti.* Roma: Libreria dello Stato.

Monelli P. (5 settembre 1951). La Capri che fu. In *La Stampa.*

Money J. (2012). *Capri: island of pleasure.* Londra: Faber.

Munthe A. (1930). *The story of San Michele*. New York: Dutton.

Munthe A. (1957). Testamente. In Andrén A. (a cura di). *Boken om Axel Munthe, Capri och San Michele*, p. 354. Malmö: Allhems.

Öhman Y. (1950). The use of Savart fringes in the observation of Zeeman effects in sunspots. In *Astrophysical Journal*, n. 111, pp. 362-365.

Öhman Y. (1956). Solar flares and surges observed at the Stockholm Observatory and the Swedish Astrophysical Station in Anacapri in the year 1955. In *Stockholms Observatoriums annaler*, n. 19/5.

Righini G. (1 luglio 1955). Studiano il Sole gli svedesi a Capri. In *La Nazione Italiana*.

Rizzo S. (6 novembre 2009). Il Cnr in rosso fa un'asta a Capri. In *Corriere della Sera*, p. 31.

Rösch J. (1979). Guglielmo Righini. In O*sservazioni e memorie dell'Osservatorio Astrofisico di Arcetri*, n. 106, p. 16.

Scharmer G., et al. (1985). Concepts for the Swedish 50-cm vacuum solar telescope. In *Applied optics*, n. 24/16, pp. 2558-2564.

Swerdlow N.M. (1997). L'astronomia del Rinascimento. In Walker C. (a cura di). *L'astronomia prima del telescopio*, pp. 263-324. Bari: Dedalo.

Tessitore F., Cantone G., Pinto A. (2000). *Villa Orlandi*. Napoli: Fridericiana.

Weichardt C.F.W. (1900). Das Schloss des Tiberius und andere römerbauten auf Capri. Leipzig: K. F. Koehler.

Riferimenti archivistici

ADOC, Archivio di Deposito dell'Osservatorio Astronomico di Capodimonte, Monte Cetrella, B. 1, f. 1. *Collaborazione Istituto Universitario Navale-Osservatorio Astronomico di Capodimonte-Osservatorio Vesuviano, ripristino operativo stazione di Monte Cetrella-Capri* (1988). Napoli, 20 ottobre.

ADOC, Monte Cetrella, B. 1, f. 1. *Proposta di Consorzio* (1988). Napoli, 9 febbraio.

ADOC, Monte Cetrella, B. 1, f. 1. Sposito A. (1988). *Proposte per il settore "Geomagnetismo" nel costituendo Consorzio per l'Osservatorio di Monte Cetrella*. Napoli, 19 ottobre.

ADOC, Stazione solare tedesca di Anacapri, B. 1, f. 1. Ciliberto C. (1987). *Acquisizione del complesso "Osservatorio tedesco di Anacapri"*. Napoli, 28 settembre.

ADOC, Stazione solare tedesca di Anacapri, B. 1, f. 1. Rigutti M. (1986). *Memoria per il Ministero della pubblica istruzione.* Napoli, 14 ottobre.

ADOC, Stazione solare tedesca di Anacapri, B. 1, f. 1. Rigutti M. (1986). *Notes for an official agreement between the KOK inst. and the OAC.* Napoli, 28 agosto.

BSPd, Biblioteca del Seminario vescovile di Padova, cod. 799, II. Toaldo G. (1788). *I miei viaggetti.*

ASOB, Archivio storico dell'Osservatorio Astronomico di Brera, Corrispondenza Scientifica, 104. Zach F. X. von (1815). *Lettera a Barnaba Oriani*. Napoli, 18 febbraio.

AAAC, Archivio Associazione Amici di Cetrella. Fiore A. (2008). *Libro degli ospiti di Cetrella*. Anacapri, 16 agosto.

Carlo Scarpa,
Negozio Olivetti
(foto dell'autore).

Architettura come pretesto per rappresentare il tempo

Abstract

Il tempo, quale sostanza immateriale pervadente le vite dall'uomo, è stato oggetto di differenti interpretazioni nel corso della storia. Da una percezione statica e indefinita legata all'esistenza primitiva sino alla modernità iperveloce, segnata dalla grande accelerazione dell'antropocene. Il mondo dell'arte e dell'architettura ha generato, mediante le sue opere, numerose occasioni lettura di tale fenomeno intangibile. Numerosi casi studio elencati in questo contributo ne descrivono i modi e i significati prodotti.

Time, as an immaterial substance pervading human lives, has been the subject of different interpretations throughout history. From a static and indefinite perception linked to primitive existence to hyper-fast modernity, marked by the great acceleration of the Anthropocene. The world of art and architecture has generated, through its works, numerous opportunities to interpret this intangible phenomenon. Numerous case studies listed in this contribution describe the modes and meanings produced.

Parole chiave

Tempo
Spazio
Luce
Acqua
Materia

Valerio De Caro
Università degli studi di Enna Kore –
Dipartimento di Ingegneria e Architettura
→ valerio.decaro@unikorestudent.it

Introduzione

Il tempo quale componente fisica e immateriale costituisce una struttura interpretativa fondamentale del nostro presente, alla quale si attribuiscono numerose valenze e significati. Esso può essere identificato come la successione di singoli eventi che conseguenti, secondo rapporti totalmente dislegati tra loro o mediante correlazioni di causa effetto. In una traduzione cronologica si configura quale fattore che trascina l'evoluzione delle cose. Nel panorama della filosofia e della scienza, il concetto di tempo è stato affrontato in molteplici modi: il susseguirsi degli istanti, il passaggio tra il prima e il dopo, la varietà degli stati esistenziali, l'assunto delle ricerche sulla dimensione archetipica e primitiva. Nella fisica moderna, la teoria della relatività di Einstein ha introdotto la quarta dimensione, come parte integrante dello spazio-tempo quadridimensionale in cui si svolgono tutti gli eventi dell'universo. Questa prospettiva temporale suscita una serie di considerazioni e dibattiti sulla varietà delle concezioni del tempo, che vanno dalle visioni lineari evocate dalla rivoluzione industriale, ai fenomeni atemporali della fisica quantistica, dove le relazioni tra gli eventi assumono una posizione centrale. (Lauria, Pollo 2020, p. 16). Nell'epoca contemporanea, l'idea del tempo rimane un campo di indagine relativo a tutti i fenomeni terrestri, quale struttura regolante le trasformazioni, prodotto interagente tra ciclo naturale e strutture temporali antropiche instaurato nella coscienza collettiva. Nelle teorie liquide di Bauman il tempo si annulla, liberando gli eventi e le azioni sociali alla mutevolezza e all'instabilità (Bauman 2000, p. 18), sino ad una consapevolezza acquisita, riferibile all'entità delle azioni umane rispetto all'incedere della natura, segnata dalla vorticosa accelerazione dell'antropocene (Mc Neill, Engelke 2018, p. 6). In questa progressiva percezione di compressione temporale, le manifestazioni creative dell'uomo, nella costante lotta tra astrazione e ricongiungimento alla realtà, affrontano il tema del tempo producendo possibili interpretazioni e rappresentazioni. La costruzione dello spazio, in tal senso, diviene uno strumento fondamentale per la raffigurazione del tempo, contenendo in sé tutti gli elementi in grado di definirlo. Dal tempo del progetto, quale atto prefigurativo proiettato nel futuro, sino a quello della percorrenza, quale evento narrativo in grado di generare memoria e sedimentazione. E in questa progressiva compressione degli eventi, l'architettura interpreta tale tendenza, segnando ancor di più questo rapporto, fissando orizzonti di senso innovativi dell'abitare. Se da un lato, il tempo recente, come abbiamo visto, si comprime a tal punto da far perdere all'uomo il controllo delle sue azioni, l'architettura quale presenza statica nel territorio, riconduce ad una temporalità tangibile e fenomenica che ricongiunge alla realtà. Da tale premessa ne deriva il suo riconoscimento quale contributo significativo per conoscere e riappropriarsi del tempo nelle sue molteplici e intellegibili conformazioni. Una qualità essenziale che deriva dal rapporto tra permanenza della materia e mutazioni di forma e immagine; tra fenomeni spaziali caratterizzanti e mutazioni interpretative degli ambienti costruiti.

La quarta dimensione introdotta dal cubismo, quale struttura intellegibile del tempo, costituisce un primo elemento teorico decisivo tradotto nelle variegate costruzioni temporali contemporanee. La decodificazione spazio temporale della pittura, ridusse la distanza tra mondo dell'arte e architettura, generandosi nella raffigurazione molteplice di realtà mnemoniche vissute, tradotte in disegno e colore. L'accelerazione temporale generata dai processi di produzione industriale, si tradusse in sommatorie di azioni espresse lungo una superficie bidimensionale, palinsesto di movimenti cristallizzati (Beardsley 1991, p. 78). Nell'architettura, come messo in evidenza da Bruno Zevi, emergono le differenti facoltà interpretative del tempo, necessarie a possedere intellettualmente un'opera. Se nella pittura il rapporto con il tempo è un fatto rappresentativo legato ad uno spazio cartesiano e nella scultura si esaurisce nella relazione tra forma e corpo, nell'architettura si eleva a fenomeno più intenso, legato all'abitare e alle infinite possibili interazioni generabili tra uomo e materia costruita. L'architettura, in tal senso, per essere compresa è necessario che sia percorsa, percepita e vissuta e non può essere unicamente osservata.

"In architettura il fenomeno è totalmente diverso e concreto: qui è l'uomo che muovendosi nell'edificio, studiandolo dai successivi punti di vista, crea, per così dire, la quarta dimensione, dona allo spazio la sua realtà integrale. Per essere più precisi, la quarta dimensione è sufficiente a definire il volume architettonico, cioè la scatola muraria che racchiude lo spazio. Ma lo spazio in sé – l'essenza dell'architettura – trascende i limiti della quarta dimensione, lo spazio architettonico non è definibile nei termini delle dimensioni della pittura e della scultura. È un fenomeno che si concreta solo in architettura, e che di questa costituisce perciò il carattere specifico" (Zevi 1948, p. 20).

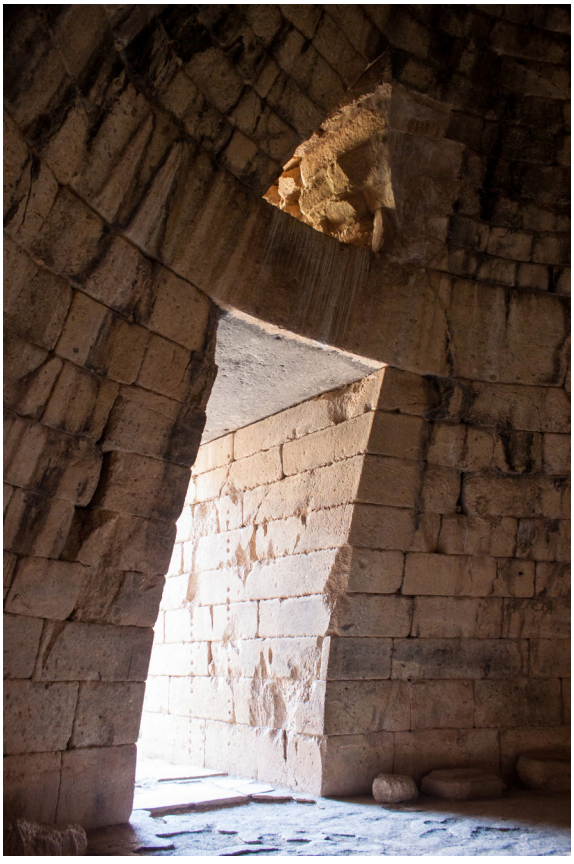
Una dimensione percettiva che supera il rapporto morfologico tra spazio e movimento e si estrinseca in azioni esperienziali, modulazioni geometriche governanti la luce, che interagendo con forma e materia, configurano l'architettura quale strumento rivelatore dello scorrere del tempo. Il processo di visualizzazione che essa genera, entrando in contatto con il corpo architettonico, rende comprensibile e intellegibile ogni astratta evoluzione temporale avvicinandoci al reale. Scriveva Francesco Venezia: "Noi disegniamo solo una metà dell'edificio, quella

immutabile. La seconda, la metà d'ombre, si forma e si trasforma in ogni ora del giorno in ogni giorno dell'anno. II fascino dell'architettura risiede nel prevedere questo cambiamento attraverso il progetto, attraverso la geometria" (Venezia 1990, p. 82).
Tali parole testimoniano la ricerca, all'interno del progetto, di una seconda dimensione immateriale dell'architettura, proiettando lo spazio verso nuove strutture semantiche strettamente collegate al tempo. Dilatazioni temporali che sovrastano la ragione pratica dell'architettura e indagano il progetto in funzione della sua percorrenza narrabile, attraverso la sua storia, la successione di spazi e differenti superfici, interpretando i differenti tempi della sua evoluzione. Le interrelazioni tra gli elementi delineati tracciano le differenti temporalità dell'architettura.

Casi Studio

Già la tomba a tholos micenea di Atreo [fig. 1] proiettava il visitatore verso una dimensione temporale specifica, mediante la scandita e crescente progressione muraria dei sostegni proiettanti verso l'ingresso, per poi culminare sull'eloquente transizione luce-oscurità, che ne disegna il passaggio tra spazio aperto e coperto. La sezione chiarisce il percorso di una lenta conquista architettonica in una promenade rettilinea e univoca culminante all'interno. La luce segna il passaggio tra l'esterno e l'oscurità dell'interno, in una transizione istantanea che raffigura con forza la duplice coesistenza statica dello spazio esterno luminoso e dell'oscurità sormontata dalla copertura [fig. 2]. Il segno luminoso, presenza esplicita e al tempo stesso segreta dell'architettura, scandisce il percorso processionale del tempio greco, enfatizzando il ritmo plastico del rapporto tra colonne, muro e trabeazione. La colonna scanalata [fig. 3], trasposizione lapidea dell'originale conformazione lignea, si disegna di sottili fenditure d'ombra conferendo alla materia una corporeità fisica. La riproduzione seriale si proietta sul sedime più prossimo all'oggetto architettonico, tracciando il tempo di un movimento ciclico legato al mutare della posizione del sole. Sulla base di tale coscienza classica, Le Corbusier, che dell'architettura ne descrive come il gioco sapiente, corretto e magnifico dei volumi raggruppati sotto la luce (Le Corbusier 1923, p.188), individuava i paradigmi di una modernità qualificante lo spazio da tradurre in elementi seriali, per poi giungere ad una nuova espressiva vitalità temporale nelle opere prodotte dopo il secondo dopoguerra. Gli appunti descriventi la Torre delle ombre, progetto disegnato per la città di Chandigarh, confermano tale orientamento. Essi narrano di un oggetto architettonico in grado di generare strutture sinfoniche a contatto con la luce, melodie spaziali segnate dal tempo confluenti in un preciso e articolato disegno dei brise-soleil.

1.

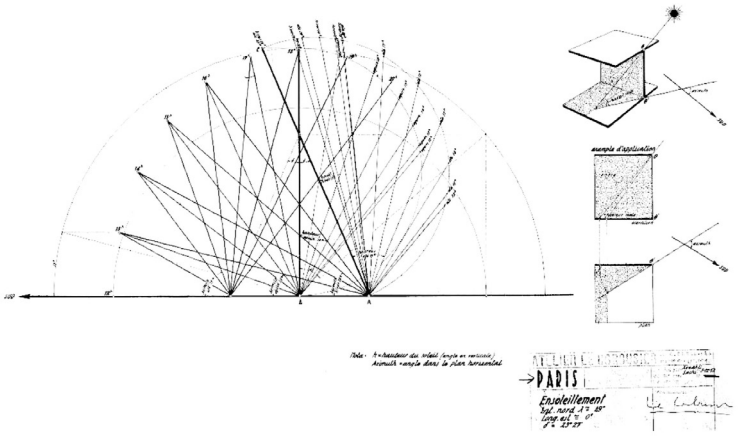


2.

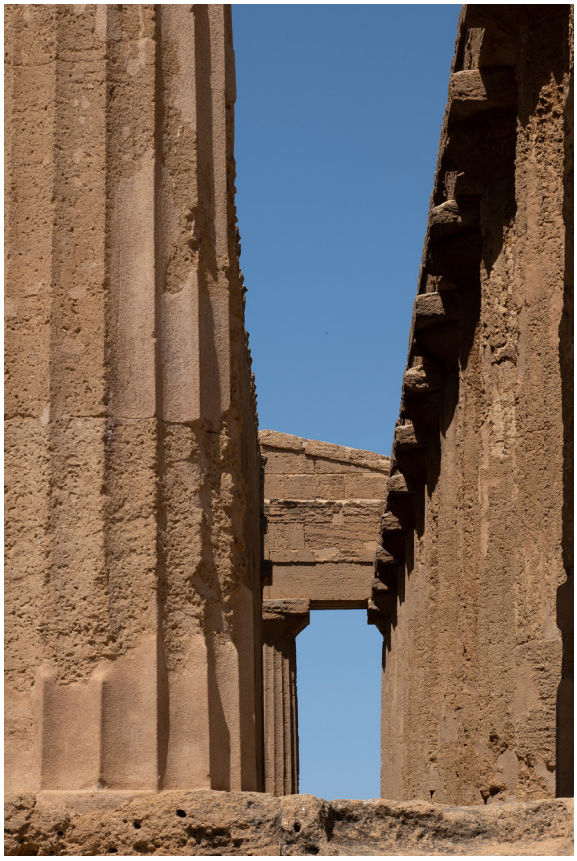
1.
Tesoro di Atreo, esterno (Ken Russell Salvador, CC BY 2.0).

2.
Tesoro di Atreo, interno (Andy Hay, CC BY 2.0).

I numerosi disegni rinvenuti nel suo studio [fig. 4], descrivono di un progetto scaturito dalla rigorosa rappresentazione degli andamenti del sole in tutte le stagioni (Boesiger 1969, p. 74). Una ricerca scaturita nella rigorosa analisi del rapporto luce-ombra quale elemento rivelatore del tempo, cosciente della coesistenza dicotomica tra calcolabile governabilità del progetto e imprevedibile mutevolezza dell'ambiente (Cossu 2015, pp. 120-137). Francesco Venezia, nell'analisi dell'opera, ne disvela una dimensione drammatica. La luce e le ombre mutevoli delle geometrie costruite, oscillano tra l'idea di un effetto teoricamente prevedibile e l'apparenza di un fenomeno legato all'imprevedibile verificarsi di altre circostanze, quali la battaglia del sole con le nuvole. Il dialogo immaginato tra Le Corbusier e Paul Valéry consente di ricollocare la dimensione astratta del disegno alla realtà, riconoscendo l'appartenenza della costruzione al dominio degli elementi ambientali. (Pireddu 2016, pp. 32-41). I progetti di Venezia, traggono da queste contraddizioni temporali i fondamenti del progetto architettonico, in una ricerca spaziale mediterranea che della luce ne fa una interpretazione monocromatica, una struttura compositiva che trova la sua radice semantica nel rapporto tra ritmi chiaroscurali e materia. Nel Palazzo di Lorenzo di Gibellina [fig. 5] il progetto si sovraccarica dell'irrappresentabile temporalità dell'evento sismico e del rapporto con una storia dolorosa e inenarrabile, il segno perduto dell'antica città. Il tempo si disegna qui, in quanto spolio del frammento, dilatato tra indecifrabili parti di una unità perduta e il progetto quale territorio di infinite opportunità formali. Pregiati resti di un palazzo nobiliare inglobati all'interno di stratificazioni di nuove masse murarie suggeriscono una condizione di rinascita dell'architettura scomparsa, un tempo rinnovato oscillante tra il fossile e il vivente (Venezia 1998, p. 66). Gli accumuli di tessiture guidano lo sguardo racchiuso tra superfici e ne descrivono la lenta progressione della sua posa in opera.



4.



3.

5.

3.
Colonne doriche, Tempio della Concordia (foto dell'autore).

4.
Le Corbusier, studio del soleggiamento (Boesiger, W. (1969). *Oeuvre complète*, Vol. 8, 1965-1969. Zurigo: Les Editions d'Architecture, p. 74).

5.
Francesco Venezia, Palazzo di Lorenzo (foto dell'autore).

La materia entra in contatto con l'evento luminoso sin dal mattino, penetrando nello spazio interno del cortile allungato. La luce, netta e tagliente del cielo mediterraneo si frange contro l'antica facciata erosa rivelandone la sua naturale appartenenza. La temporalità, si disegna attraverso precise e chiare azioni, che compongono la narrazione del progetto. Venezia lo definisce come un sistema di circolazione noto, a spirale quadrata, segnato da una rampa che si distribuisce lungo l'edificio attraverso numerosi passaggi tra l'esterno e l'interno. Questa incontra poi una lunga galleria d'ombre, un giardino, un riposo e il cortile interno, segnato dalla scalinata rievocazione morfologica di un tratto urbano. Segno di un tempo irrimediabilmente lontano, precedente all'evento sismico, ma tragicamente vicino. Intagli, soglie, segni, giunti ed ogni qualsivoglia elemento costruttivo diviene pretesto per lavorare con la luce proiettando nitide geometrie nei piani verticali del manufatto, accelerando o dilatando la promenade di chi percorre questi spazi. Lo zoccolo di calcestruzzo modanato da un elemento in aggetto colloca in sospensione l'intera massa muraria in aperta contraddizione tra peso e leggerezza. Su questi disallineamenti e non corrispondenze geometriche Venezia disegna la temporalità del progetto fatta di materia, luce, ombra e percorrenza. Sul concetto di percorrenza si fonda anche il progetto delle Piazze e giardini di Salaparuta, contraddistinto da una giustapposizione planimetrica messa in continua tensione dalla progressiva rotazione degli assi. Tale approccio definisce una progressiva mutazione prospettica che permea lo spazio architettonico di una temporalità incerta. L'edificio[7] si disegna come un corpo disteso segnato da una composizione cutanea erosa, frammenti di spolio si sovrappongono in composizioni lapidee contemporanee innestate nel progetto generando un cortocircuito temporale tra macerie e nuova costruzione (Ibidem, p. 83). Nei Giardini segreti di Gibellina, la temporalità acquisisce una connotazione domestica, lo spazio è il prodotto di una casa scoperchiata generante giochi di luce e materia tracciati dall'assenza della copertura. Sulla medesima spirale quadrata sperimentata nel Palazzo di Lorenzo si sviluppa l'impianto planimetrico, tracciando una progressione temporale verso l'interno che rivela una conquista. Una presenza preziosa, una fontana cilindrica [fig. 6], distribuisce parsimoniosamente l'acqua suggerendo l'immagine di una evidente aridità (Ibidem, p. 87). Questo progetto, traccia la dimensione temporale dell'architettura quale territorio esplorativo del progetto riconducibile a illimitate mete a contatto con acqua, luce, materia e colore.

L'acqua, corpo architettonico vivo per Carlo Scarpa, disegna espressioni transitorie, mediante le diafane riflessioni nel Palazzo Querini Stampalia [fig. 7] e in numerosi altri progetti. Esemplificativo è il dialogo tra Scarpa e Giuseppe Mazzariol riguardo il ruolo dell'acqua quale materiale architettonico fondamentale per disegnare il tempo: "Una mattina del '61 alla Querini, quando gli chiedevo che l'acqua alta restasse

6.

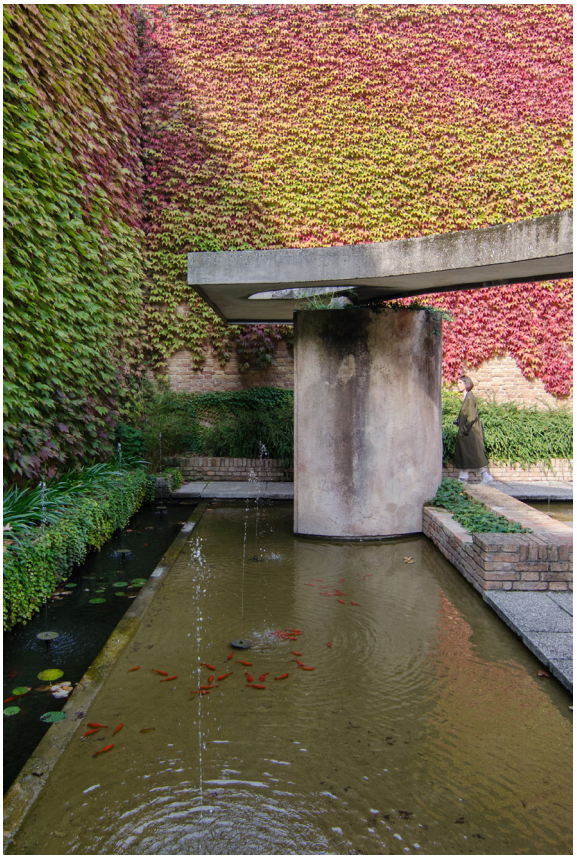
7.

6.
Francesco Venezia, Giardino segreto 1 (foto dell'autore).

7.
Carlo Scarpa, Palazzo Querini Stampalia, interno (foto dell'autore).

fuori dell'atrio del Palazzo, sede della Biblioteca, lui guardandomi fisso negli occhi dopo una pausa di attesa alla mia pressante richiesta: dentro, dentro l'acqua alta; dentro, come in tutta la città. Solo si tratta di contenerla, di governarla, di usarla come un materiale luminoso e riflettente: Vedrai i giochi di luce sugli stucchi gialli e viola dei soffitti, una meraviglia! Gli occhi ridenti e una grande ma anche pudica felicità di comunicarti un dono: la soluzione del problema, e in più la bellezza, il gioco, l'incanto dell'inatteso." (Mazzariol 1992, p. 124). La luce, trasportata dagli invadenti canali veneziani all'interno dell'edificio, viene utilizzata come mezzo luminoso che disegna lo scorrere temporale di un giardino segreto come quello di palazzo Querini [fig. 8]. L'ibridazione tra luce e acqua, nel Giardino delle Sculture [fig. 9], si fonde con una partitura sinfonica esplorando una dimensione temporale legata alla fonetica. L'acqua, picchiettando su piattine metalliche, traccia sinfonie temporali, mediante un suono che ferma la percorrenza del Padiglione Italia ai Giardini della Biennale (Mulazzani 2014, p. 16). Quando l'acqua è solo evocata, come nella pavimentazione del Negozio Olivetti entra in contatto con una luce cristallizzata a contatto con la materia. Un cumulo di fasci luminosi permeati dal loggiato, supera la stele d'ingresso segnata dal logo del Negozio Olivetti [fig. 10] e si spande diffusa nello spazio interno evocando una temporalità immutabile evocazione della cultura giapponese. La luce cristallizzata acquisisce una dimensione plastica nel Tempio di Possagno dove questa viene modellata come una materia fisica solida, le finestre angolari divengono blocchi luminosi carichi di peso segnanti lo spazio interno e tracciando una pausa temporale essenziale nel percorso espositivo, per poi ripartire in una lenta discesa lungo la successione di scalini lungo il percorso. La natura statica delle scatole di luce riconduce alla dimensione arcaica dei rapporti invarianti luce ombra, tuttavia la peculiare interpretazione della densità luminosa veneta, generata dalle forme progettate dall'architetto, definisce un rapporto cromatico antiplastico, galleggiante tra stato solido e aeriforme, disegnando una contraddizione temporale tra solida immobilità e fluido movimento (Bertelli 1984, p. 191). Orientata verso una rappresentazione bidimensionale del tempo è la ricerca operata da Luis Barragan che fa del piano e delle sue interpretazioni cromatiche un pretesto per segnare temporalmente le sue architetture. La superficie muraria, quale aperto fluire e evocazione di una realtà altra figurante l'avanzare, si genera attraverso una serie di sequenze superficiali caratterizzate da acqua, luce e colore (Bossi 1996, pp. 113-120). La Casa Studio [fig. 11], originariamente progettata per la signora Luz Escandòn, si compone di una giustapposizione di piani costituenti le componenti di una successione funzionale e temporale dello spazio casa.

8.



9.

8.
Carlo Scarpa, Palazzo Querini Stampalia, giardino (foto dell'autore).

9.
Carlo Scarpa, Palazzo Giardino delle sculture (foto dell'autore).

10.

10.
Carlo Scarpa,
Negozio Olivetti
(foto dell'autore).

11.
Luis Barragan, Casa
Studio (Forgemind
ArchiMedia from
Taichung, Taiwan,
Taiwan, CC BY 2.0).

11.

All'esperienza concorrono la luce e l'acqua, la prima come evocazione divina, la seconda come presenza simbolica di fertilità materna. A questa rappresentazione immanente, rivelante una condizione statica del tempo si associa una transizione fluida degli spazi che disegna un tempo dell'architettura quale prodotto di transizioni superficiali giustapposte e diradate dalla luce.
Il contatto tra la sala da pranzo e il giardino evidenza questa condizione ottenuta mediante un rapporto di continuità tra l'esterno e l'interno. Dimensione eterea e diradata generata dalla penetrazione filtrata della luce all'interno che disegna articolate conformazioni spaziali entrando a contatto con le geometrie complesse di scale e pareti. Nella casa Gilardi ritroviamo le medesime intenzionalità progettuali tradotte in un disegno ancora più chiaro e univoco. All'acqua, alla luce, al colore e ai piani si aggiunge la natura, rappresentata dalla Jacaranda mimosifolia, contribuendo a tracciare il tempo quale dimensione percepibile e interpretabile dall'uomo. La casa si disegna anche qui in successione, in un ritmo lento e cadenzato sino a raggiungere lo spazio più importante, la piscina, superficie di cristallo conquistata dopo un lungo corridoio [fig. 12]. Un percorso processionale ritmato da aperture verticali e immerso tra luci e colori, rappresentazione architettonica e temporale del battesimo (Riggen Martinez 2004, pp. 123-155). La rappresentazione del tempo acquista una sua connotazione sintetica nelle le plastiche composizioni di Alvaro Siza. Spogliato di ogni sovrainterpretazione materica, il lavoro di Siza indaga lo spazio superficiale e volumetrico attraverso azioni plastiche e concatenazioni spaziali. Le composizioni planimetriche dell'architetto portoghese, proliferano di contraddizioni tra geometrie definite e i sistemi tensionali innestati, tracciando sviluppi temporali ospitanti incertezze e variazioni. Le transizioni di luci, come in un complesso scultoreo fatto di masse emergenti e sinuosi incavi, proiettano lo spazio in una indivisibile simbiosi con il tempo.
La Capela do Monte a Barão de São João, in Portogallo si compone di un blocco scultoreo scavato, ospitante intagli di luce che squarciano l'interno. La materia architettonica immutabile, mette in evidenza fin quanto fatto emergere nelle opere qui descritte, se la materia è presenza statica fissata dal progetto, la luce ne funge da strumento attivatore costruendo temporalità fisiche interpretabili, abitando e percorrendo l'architettura. Nel Saya Park Art Pavilion progettato con Carlos Castanheira (Siza 2022, p. 98), il rapporto luce e ombra si intreccia ad altre temporalità legate alla materia e alla dinamica esperienza della percorrenza.
Il programma si compone di una cappella, una torre-osservatorio e un padiglione espositivo, elementi innestati al suolo, dichiaranti una completa appar-

12.
Luis Barragan, Casa Francisco Gilardi (Steve Silverman, CC BY 2.0).

12.

tenenza. Il volume biforcuto si adagia all'interno di un contesto naturale boscoso, ad esso si accede mediante un invaso naturale in continuità ai percorsi del parco. Da qui le due gallerie si propagano verso lo spazio infinito del cielo, attraverso compressioni e dilatazioni spaziali, passaggi di luce, ascese e discese generati molteplici eventi spaziali (Fabrizzi 2022, pp. 54-59). La temporalità di questo progetto, non si compone unicamente quale una sommatoria di sequenze, ma si ibrida alla geometria organica delle masse architettoniche, segnando un tempo fluido nella conquista dello spazio. Gli eventi luminosi, infranti sulla materia scabra del beton-brut, segnano il tempo come tragici imprevisti poetici nella sostanza scultorea, fermando irrimediabilmente questo aperto fluire verso la copertura dell'edificio.

Conclusioni

I casi studio affrontati, testimoniano come la rappresentazione tempo costituisce una dimensione tutt'ora esplorabile, ed essenziale dell'architettura. Acqua, materia, luce e geometria rivelano come specifiche interpretazioni spaziali si producano in un fenomeno plastico generato dall'interazione tra queste componenti. L'architettura, a partire dalla sua dimensione fisica e percettiva, disegna il tempo dell'uomo in un costante dibattito con la natura e con la nostra struttura percettiva. Questo rapporto, prodotti di modificazioni fisiche e territoriali disegna nuove costruzioni semantiche del vivere quotidiano, in tutti i tempi in essa contenuti, da quelli presumibili derivanti dalle intenzionalità conformative prefigurate, sino agli esiti imprevedibili, quando il progetto si traduce in costruzione. Quest'ultimo si compone di elementi dotati, ognuno di essi, di una sua temporalità specifica, interagente con le altre, rivolte sempre ad un medesimo fine, la creazione di narrazioni spaziali sempre nuove e differenti.

Bibliografia

Bauman Z. (2011). *Modernità Liquida*. Roma-Bari: Laterza (prima edizione 2000).

Beardsley J. (1991). Pablo Picasso, in *First Impressions*. New York: Harry N. Abrams.

Bertelli C. (1984). La luce e il progetto. In F. Dal Co, G. Mazzariol (a cura di). *Carlo Scarpa. Opera Completa*, p. 191. Milano: Electa.

Boesiger W. (1969). *Oeuvre complète,* Vol. 8, 1965-1969. Zurigo: Les Editions d'Architecture.

Bossi L. (1996). Barragan in Mexico City. In *Casabella*, n. 781, pp. 113-120.

Cossu A. (2015). Francesco Venezia. Torre d'Ombre o l'architettura delle apparenze reali. In *Firenze Architettura*, n. 2/2015, pp. 120-137.

Fabrizzi A. (2022). Álvaro Siza e Carlos Castanheira Padiglione espositivo, Saya Park, Corea del Sud. In *Firenze architettura*, n. 1/2022, pp. 54-59.

Lauria M. Pollo R. (2020). Tempo e architettura. In *Techne*, n. 2/2020, pp. 16-22.

Le Corbusier (1923). *Verse un'architecture*. Parigi: G. Crès et Cie.

Mazzariol G. (1992). Carlo Scarpa designer. In C. Bertola, M, Mazza, M. Petranzan (a cura di). *Lo spazio dell'arte*, p. 124. Quinto di Treviso: Pagus.

Mc Neill J., Engelke P. (2018). *La grande accelerazione. Una storia ambientale dell'Antropocene dopo il 1945*. Torino: Einaudi.

Mulazzani M. (2014). *Guida ai padiglioni della Biennale di Venezia dal 1887*. Milano: Mondadori.

Pireddu A. (2016). Un fuoco alchemico su uno sfondo cosmico. In *Firenze Architettura*, n. 2/2016, pp. 32-41.

Riggen Martinez A. (2004). *Luis Barragan 1902-1988*. Napoli: Electa.

Siza A., Obal Diaz L., Benyei J. (2022). Álvaro Siza 2015-2022. El Escorial: El Croquis.

Venezia F. (1990). *Scritti Brevi (1975-1989)*. Napoli: Clean.

Venezia F. (1998). *Francesco Venezia. Le idee e le occasioni*. Milano: Electa.

Zevi B. (2009). *Saper vedere l'architettura. Saggio sull'interpretazione spaziale dell'architettura*. Torino: Einaudi (prima edizione 1948).

Strumenti e tecniche per la misura del tempo

Dettaglio del sarcofago di Bethesda. Necropoli vaticana. Museo Pio Cristiano. Musei Vaticani. Città del Vaticano (da https://m.museivaticani.va).

Tempo e Spazio tra ideale e reale. Alcuni esempi dalle catacombe di Roma

Abstract

Il presente contributo intende riflettere sulla concezione del tempo e dello spazio nella società tardoantica in cui, il fenomeno cristiano modifica sensibilmente tali coordinate a partire dalla riflessione escatologica del tutto originale. Essa proietta nello spazio reale concetti e immagini che prefigurano lo spazio ideale. Roma, come sempre, si dimostra un terreno fertile di attestazioni, sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo, soprattutto se si guarda al panorama archeologico delle catacombe romane.

The following contribution intends to reflect on the conception of Time and Space in Late Antique society in which, the Christian phenomenon significantly modifies these coordinates from its entirely original eschatological reflection. It projects into real space concepts and images that prefigure ideal space. Rome, as always, proves to be a fertile ground of attestation, both qualitatively and quantitatively, especially if one looks at the archaeological landscape of Roman catacombs.

Parole chiave

Società tardo antica
Archeologia cristiana
Epigrafia cristiana
Iconografia cristiana

Domenico Benoci
Università Pontificia Regina Apostolorum
Pontificio Istituto di Archeologia Cristiana
→ domenicobenoci@gmail.com

Introduzione

La tematica del Tempo è di estremo interesse, soprattutto per il suo caratteristico polimorfismo[1]. Questa multiformità diventa ancor più interessante se la consideriamo in una forbice cronologica assai distante dalla nostra, ma che, senza scendere in anacronismi, ha con i 'nostri tempi' molti punti in comune: la Tarda Antichità[2]. In quest'epoca, l'ecumene, multietnica e multireligiosa, è interessata da numerosi sconvolgimenti politici, economici e sociali, tanto che in letteratura si parla di una vera e propria 'Età dell'Angoscia' che scuote le fondamenta stesse dell'ordine costituito, ma anche di una età di spiccata sensibilità spirituale (cfr. Weitzmann 1980; La Rocca 2015). Tra le tante novità che si manifestano nella società del periodo, il fenomeno cristiano è quello che influisce con maggiore decisione e con una più lunga durata il divenire storico, tanto da arrivare a proporre una concezione nuova di Tempo, rispetto a quello convenzionalmente accettato all'epoca, non solo nell'ambito del vivere quotidiano ma anche in relazione alla dimensione oltremondana. L'ambito funerario è uno dei contesti in cui questo mutamento è particolarmente percepibile. Qui il 'discorso sul tempo' sia avvale di immagini, segni e simboli reali, per parlare dell'ideale.

Il Tempo dei Vivi e il Non-Tempo dei Defunti

La società romana tardoantica era fortemente pervasa da una concezione temporale basata su un susseguirsi misurabile di ripetizioni circolari degli eventi, tanto naturali quanto antropici[3]. Tutto quello che non era misurabile non era in qualche modo legato al tempo, o meglio alla considerazione comune del tempo. Per questo motivo le questioni escatologiche e la dimensione otremondana venivano visti come qualcosa di insondabile e le riflessioni su di esse come appannaggio unicamente di quella classe sociale, aristocratica e spesso filoellenica che, grazie all'esercizio dell'*otium*, poteva avvicinarsi alla filosofia[4].

In tale contesto i monumenti funebri, nelle loro connotazioni architettoniche, decorative, iconografiche ed epigrafiche esprimevano un messaggio per la maggior parte legato alla retrospezione, all'enfatizzazione dei meriti del defunto e orientato agli atti ciclici che i vivi celebravano per i trapassati nel ricordo del loro tempo trascorso in questo mondo; in sostanza possedevano la medesima funzione dei monumenti funerari civili[5].

L'esaltazione individuale del defunto era certamente affidata all'apparato epigrafico che ne perpetuava l'ascendenza attraverso la menzione dei *tria nomina*, nel caso delle aristocrazie[6]; ne celebrava il census e le qualità terrene, sia negli impegni della vita pubblica, con la menzione delle professioni o delle eventuali cariche civili, sia nel privato, enfatizzando le doti personali e intime. Le altre espressioni che traspaiono dai testi scritti mostrano un marcato realismo nei confronti della morte. Basti citare, come esempio su tutti, la nota iscrizione che recita: *Nihil sumus et fuimus mortales / Respice, lector, in nihil ab nihilo/ quam cito recidimus*[7]; o ancor la formula stereotipata *sit tibi terra levis*, che richiama l'irreversibilità della condizione del defunto[8].

L'immagine stessa dell'individuo, poi, era il più comune elemento che componeva l'apparato iconografico, grazie a ritratti fisionomici, a rilievo, a tutto tondo, a teste-ritratto e busti[9]. Gli esempi di questa prassi sono innumerevoli e permettono di sottolineare, in definitiva, che l'insieme del monumento funebre rappresentava la carta di identità di un uomo e non la prospettiva di ciò che il defunto o i suoi cari potevano sperare per l'aldilà[10].

Le uniche rappresentazioni che in qualche modo parlano di un tempo dei vivi in relazione ai defunti erano le scene di banchetto e di refrigerio. Queste, oltre ad avere un carattere consolatorio per i vivi[11], spostano l'attenzione verso uno spazio sospeso tra il reale e l'ideale, un habitat bucolico non meglio definito, che parla un linguaggio terreno rimandando, nel medesimo tempo, a un non-spazio ultraterreno[12].

Il tempo oltre il tempo

È su questa scorta che, nella Tarda Antichità, in ambito funerario cominciano a manifestarsi prassi sepolcrali, linguaggi iconografici e formulari epigrafici che parlano non più di una ciclicità del tempo, ma di una linearità che prevede un 'tempo oltre il tempo', anche per il defunto. Il cristianesimo, con la sua visione escatologica e la sua dimensione sociale trasversale, rispetto al settarismo di altre religioni orientali, si trova presto a sviluppare un linguaggio funerario che attinge al sostrato classico rielaborando e potenziandone il significato alla luce del messaggio soteriologico di Cristo. I cimiteri ipogei del suburbio di Roma e particolarmente le catacombe cristiane forniscono un campionario di esempi eccezionale per la qualità e la quantità delle attestazioni, tanto da permettere di analizzare la tematica da un punto di vista architettonico, iconografico ed epigrafico[13].

Tali tombe dovevano essere le dimore estreme di coloro che aspiravano alla salvezza e non è un caso che, oltre alle gallerie e ai loculi, lo spazio che faceva da contenitore al 'tempo dei morti', prevedeva camere funerarie quadrangolari – certamente appannaggio di classi sociali più abbienti, o di gruppi la cui disponibilità economica era più consistente, sul modello dei *collegia funeraticia* (Borda 1948, coll. 1950-1952) – che venivano enfaticamente chiamate *cubicula*, camere per il riposo, come quelle delle dimore dei vivi. I reperti epigrafici testimoniano questa nuova concezione, in cui è previsto un tempo oltremondano a prosecuzione del tempo dei vivi, solo in un perio-

do di maturazione della comunità cristiana, sia dal punto di vista numerico che dal punto di vista della riflessione escatologica, che viene a coincidere con la svolta costantiniana[14]. Ecco, quindi, che gli auguri di una vita oltre la morte si materializzano nelle espressioni alcuni riferimenti significativi: '*vivas in Deo*' [fig. 1], '*vivas in Christo*', '*vivas in pace*'[15], *requiescat in pace*, *dormit in pace* etc[16].

L'utilizzo di verbi quali *pausare*, *requiescere*, o di sostantivi come *dormitione*, *somno*, indica uno stato transitorio che prevede un risveglio in cui il defunto *vivet*, vivrà ancora. L'assoluta certezza in questo tempo oltre il tempo è rafforzata dai numerosi indicativi coniugati al presente con cui i dedicanti si riferiscono allo stato dei propri cari trapassati. È questa la fermezza che muove Tigrino, la cui iscrizione si conserva in un cimitero della via Latina[17]; o ancora l'augurio rivolto a Faustina [fig. 2] che "avendo creduto in Dio e Cristo può sperare di vivere tra gli angeli"[18]. Ancora, dal cimitero di Panfilo sulla via *Salaria vetus* è indicativa la dedica alla giovane Aproniana della quale si dice: "*credidisti in Deo, vives in Christo*"[19].

Si tratta di un profondo viraggio di pensiero che riverbera trasversalmente negli epitaffi di tutti i ceti sociali e che, naturalmente, ha esempi lampanti tra le attestazioni destinate alle gerarchie ecclesiastiche. Damaso, Papa tra il 366 e il 384, nella formulazione della propria iscrizione funebre, con tre precisi richiami scritturistici[20], afferma: "*Colui che camminando calcò gli amari flutti del mare; colui che restituisce vita ai semi della terra destinati alla morte; colui che ebbe il potere di sciogliere i lacci letali della morte e, dopo tre giorni, restituire vivo il fratello alla sorella Marta, dalle ceneri – credo – farà risorgere Damaso*"[21].

Questo credo, colto e profondamente radicato, traspare anche dalle attestazioni epigrafiche delle élites laiche. In un'iscrizione incisa su di una lastra di tomba pavimentale, scoperta nel prestigioso cubicolo cd. 'di Cecilia', nella catacomba di Callisto, Σεπτίμιος Φρόντων Πρα[ιτεξτ]ᾶτο[ς] Λικ[ινιανὸς][22], appartenente con ogni probabilità al ceto senatorio[23], è ricordato come ὁ δοῦλος τοῦ [θεοῦ], servo di Dio. Egli afferma direttamente: οὐ μετενόησα κ(αὶ) ἄνω δέ σοι ὑπερ⌜ε⌝τ[ή]σω, ossia "non cambierò idea e ti servirò anche in alto". Questa professione di fede mostra la ferma convinzione di poter perpetuare il proprio servizio oltre il tempo terreno [fig. 3].

Un elemento tipicamente cristiano, poi, è il ricordo del giorno della morte, quello che comunemente veniva definito *dies mortis* o *dies depositionis*[24]. Per i cristiani esso si trasforma nel *dies natalis*, il giorno di 'rinascita al cielo', il punto di partenza di un tempo nuovo che va commemorato[25].

Che i trapassati, e specialmente i santi martiri, fossero considerati 'vivi' lo testimoniano anche le copiose preghiere rivolte direttamente dai numerosi pellegrini in visita alle loro tombe. In questi interessantissimi documenti epigrafici, dal carattere estemporaneo e frenetico, i *viatores ad martyres* esprimono tutta la loro ferrea convinzione che il santo, in quanto mediatore con la divinità, li esaudirà, al punto da arriva-

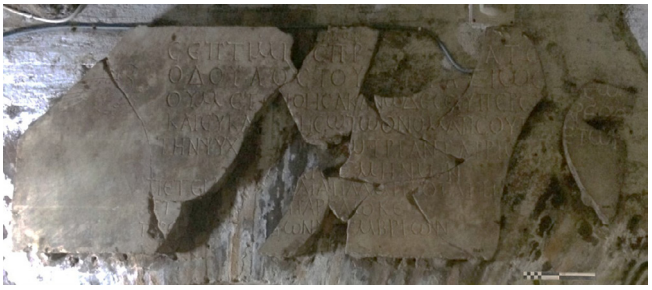
1.
Lastra sepolcrale di *Eupraxia*. Area I. Catacomba di Callisto. Roma (foto dell'autore).

2.
Lastra sepolcrale di Φαυστινα. Area I. Catacomba di Callisto. Roma (da de Rossi 1867-77).

3.
Lastra sepolcrale di Σεπτίμιος Φρόντων Πρα[ιτεξτ]ᾶτο[ς] Λικ[ινιανὸς]. Area I. Catacomba di Callisto. Roma (foto dell'autore).

1.

2.



3.

re a rivolgersi a lui con un comando perentorio. Ecco che, ad esempio, nei graffiti su di dipinto della cosiddetta 'Triclia' presso la catacomba di San Sebastiano sull'Appia Antica [fig. 4], si legge: *[Petr]e Paule / [omnes n?]os in mente [---]*[26]; *[in mente habe]te in / [orationibus v]estr[is ---]*[27]; *Petre et Paule / in ment<e> abete / [Ur]sinum in r/[ef]rigerium*[28]. Così come Sisto II, martire della persecuzione di Valeriano nel 258, viene ripetutamente invocato nelle preci dei pellegrini in visita alla sua tomba posta nella cripta dei papi a Callisto. Sulla parete d'ingresso al *cubiculum duplex*, si legge: *Sa[ncte Xyste in mente---]/ <h>ab[e--] Ba[---]*[29]; *Suste sân[cte? ad]iuta e<t> libera*[30]; *sante Suste in mente habeas in horationes Aureliu Repentinu*[31]; e in greco: *[Ξύσ]τε εἰς μνί[αν ἔχεται ---]*, O Sisto, ricordati di […][32]. Tali graffiti rientrano in una tipologia scrittoria che si allontana molto dal carattere pubblico, o per lo meno accessibile, dell'epigrafia; essi sconfinano, piuttosto, in un ambito privato, quasi intimo, un rapporto privilegiato che viene a instaurarsi tra il pellegrino e il proprio patrono, come potrebbe esserlo con un individuo ancora in vita[33].

La nuova concezione cristiana non modifica solamente gli aspetti legati alla concezione di un tempo escatologico, ma anche quelli legati al vivere quotidiano e alla scansione del tempo storico[34]. Il computo del tempo nelle iscrizioni cristiane, con l'indicazione di giorni, mesi e anni, infatti, muta già dai formulari più antichi. La menzione del mese alterna la forma sostantivata a quella di attributo, utilizzando il computo progressivo dei giorni, invece che il calcolo nundinale: *die duodecimus decembris*[35]. Per quanto riguarda il riferimento ai giorni della settimana, il mutamento del loro appellativo avviene solo in un'età avanzata, attestabile in epigrafia a partire dal tardo IV secolo. Alcuni esempi, sempre tratti dalle catacombe di Roma, menzionano la domenica in luogo del più comune *dies solis*[36]. La sepoltura di *Gerontius*, primicerio dei Notai della Santa Chiesa Romana, avvenne, invece, *diae sabbato*[37], così come pure la deposizione di un altro defunto anonimo nel cimitero di Ciriaca sulla via Tiburtina[38]. Ma i riferimenti temporali più eclatanti soppiantano la menzione dei consoli eponimi che davano il nome agli anni e sono quelli legati alle festività nevralgiche della nuova liturgia cristiana, in particolare il Natale e la Pasqua e, a partire dal IV secolo, i giorni commemorativi dei Martiri[39].

Esistono poi un manipolo di iscrizioni estremamente interessanti che legano la data della nascita, del trapasso o della sepoltura, con la menzione astronomica accompagnata da una datazione precisa legata al ciclo lunare[40].

Il Tempo Ideale e lo Spazio Reale

La certezza di una prosecuzione dell'esistenza al di là del velo della morte, emersa dai dati documentari ed epigrafici, si materializza concretamente attraverso il medium iconografico. L'*humus* in cui attecchisce la cultura figurativa cristiana è quello delle già menzionate rappresentazioni funerarie romane di matrice aristocratica dove la realtà oltremondana è immaginata come un *locus amoenus* di virgiliana memori a cui solo i filosofi possono accedere[41]. I temi

4.

5.

4.
Graffiti con invocazione ai Ss. Pietro e Paolo. Triclia. Catacomba di S. Sebastiano. Roma (foto dell'autore).

5.
Sarcofago 'dei tre Pastori'. Cimitero di Pretestato. Museo Pio Cristiano. Musei Vaticani. Città del Vaticano (da https://m.museivaticani.va)

della filosofia e dell'idillio bucolico si mescolano insieme nel tentativo di fornire una dimensione spaziale al momento oltre il trapasso. Per questo motivo le prime attestazioni decorative di tali motivi funerari parlano un linguaggio neutro che, in assenza di elementi spiccatamente identitari, lascia dubbi sulla fede professata dai committenti[42]. È il caso dei sarcofagi a grandi pastorali[43], come quello con temi agro-pastorali proveniente dall'arenario della catacomba di Priscilla[44], o quello detto 'dei tre Pastori' [fig. 5], ritrovato sulla via Appia Pignatelli nel comprensorio della catacomba di Pretestato. Qui i criofori sono sospesi su piedistalli litici immersi in una serie di girali vitinei popolati da putti vendemmianti[45]. Nel sarcofago della via Salaria [fig. 6][46], invece, i defunti sono rappresentati ai margini della scena, ritratti in un momento di lettura e di *adlocutio*, abbigliati come filosofi, l'uomo in tunica e pallio mentre svolge un rotolo; la donna in tunica lunga e palla, intenta nel gesto della parola. Al centro si posizionano le due immagini del pastore crioforo, che non ha ancora assunto la funzione cristologica (Bisconti 2000 a, p. 138), e della donna in atteggiamento '*expansis manibus*', l'uno a personificare la filantropia, l'altra a rappresentare la pietas (Bisconti 2000 b, pp. 235-236). Sullo sfondo, due virgulti ai lati del pastore e due ovini, immergono la scena nell'ambiente agreste; tuttavia è un dettaglio assai meno evidente che induce a interpretare la scena non solo come calata in uno spazio definito, ma inserita in un tempo ben preciso: a sinistra, nello spazio di risulta tra il volto di un individuo che assiste il filosofo seduto e la grande protome di ariete che contorna l'arca marmorea, emerge un orologio solare, posizionato su di una colonna. Questo elemento, che sembrerebbe alquanto trascurabile, ritorna più e più volte nella plastica funeraria per rimarcare il divenire di una scena, l'ora esatta, per fungere da coordinata temporale che completa la localizzazione di un accadimento rappresentato, concretizzandolo nel reale[47].

La tipologia specifica di orologio solare in questione è il *pelignum*, dalla forma a triangolo irregolare con l'apice rivolto verso il basso, e aperta a libretto, in cui la linea meridiana coincide con la metà della superficie e culmina con lo gnomone, posizionato in alto al centro. La scelta di questa tipologia si deve alla facilità di realizzazione in spazi ristretti, a corollario di figurazioni articolate, rispetto al *pelecinum*, che si prestava, invece, a un uso in piano (Severino 2011; Pagliano 2018), che trova comunque delle declinazioni figurative [figg. 7-8].

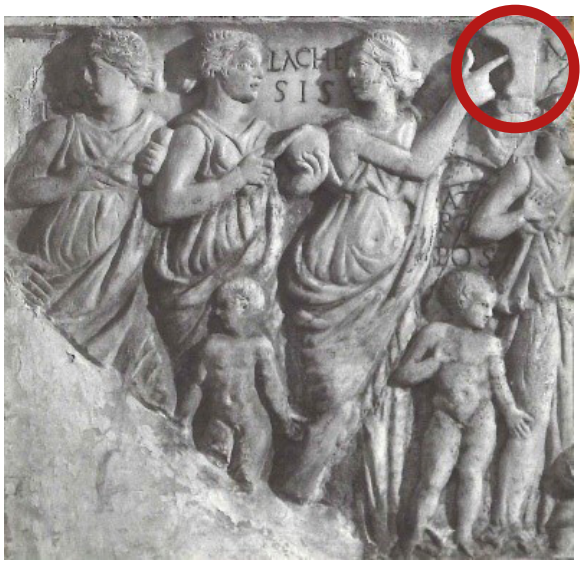
L'uso di questi strumenti in ambito funerario in ri-

6.

7.

6. Sarcofago a vasca, c.d. sarcofago della via Salaria. Museo Pio Cristiano. Musei Vaticani. Città del Vaticano (da https://m.museivaticani.va).

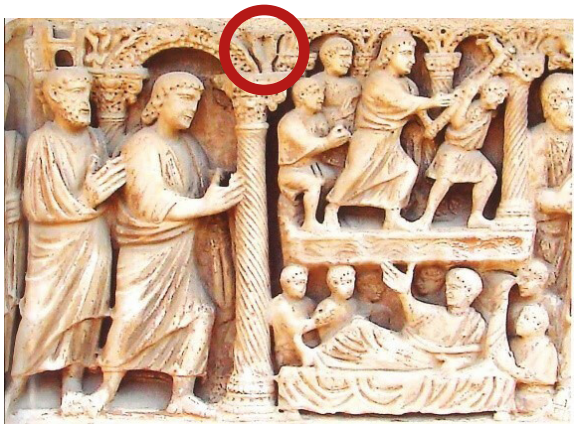
7. Sarcofago strigilato con personificazioni. Palazzo Sanseverino al Corso. Roma. (da Deichmann F.W., Bovini G., Brandenburg H. 1967).



8.

9.

10.



11.

8.
Frammento di sarcofago con rappresentazione delle Parche. (da Utro 2019).

9.
Sarcofago di Bethesda. Necropoli vaticana. Museo Pio Cristiano. Musei Vaticani. Città del Vaticano (da https://m.museivaticani.va).

10.
Particolare di sarcofago di Bethesda. Scena della guarigione del paralitico. Episcopio. Ischia (da Utro 2019).

11.
Particolare di sarcofago di Bethesda. Scena della guarigione del paralitico. Esterno della cattedrale. Tarragona (da Utro 2019).

mando alla fugacità delle ore, alla caducità della vita, era un tema già largamente diffuso in ambiente classico in associazione alla rappresentazione della Parche [fig. 8][48]. Non a caso, Aulo Gellio nelle *Noctes Atticae*, per mezzo di Plauto afferma: "Maledicano gli dèi colui che per primo inventò le ore e collocò qui la prima meridiana"[49].
Anche quando il linguaggio figurativo assume una semantica smaccatamente cristiana, l'orologio solare non abbandona la sua funzione, anzi la acuisce, scandendo, nell'ambito del reale, un momento qualitativamente rilevante, un "tempo divino" (Utro 2019).
Questo potenziamento è manifesto in una particolare classe di sarcofagi, detti di *Bethseda* [figg. 9-11]. Si tratta di una categoria che conta meno di una ventina di esemplari noti, tutti caratterizzati da una serie di figurazioni cristologiche a carattere soterico, che avvengono sullo sfondo di un ambiente urbano porticato, identificato come la *porticus* della piscina probatica, quella di Bethesda a Gerusalemme, dove, secondo quanto tradito dal Vangelo di Giovanni, un angelo smuoveva le acque che guarivano quanti vi si immergevano[50]. In questo luogo, il Cristo sana un paralitico che non riusciva a raggiungere la piscina quando le acque erano in moto, miracolo che è rappresentato sul fronte di questi sarcofagi, insieme ad altre scene, tra le quali la guarigione di due ciechi e dell'emorroissa e, verso destra, l'incontro di Gesù con Zaccheo e l'ingresso in Gerusalemme. L'orologio solare viene a trovarsi in uno dei pennacchi delle arcate, quello in posizione centrale, presso la figura del Cristo che incede sotto i portici mentre compie enfaticamente il gesto della parola, ossia quel gesto che accompagna il dialogo miracoloso, la domanda rivolta all'infermo: "Vuoi guarire?" e il successivo comando "Alzati, prendi il tuo lettuccio e cammina". Lo strumento di misurazione del tempo, allora, sottolinea il "momento propizio", "l'ora della salvezza" che riecheggia nelle lettere paoline[51].
L'oscillazione semiotica tra il tempo e lo spazio, ideale e reale, risulta particolarmente emblematica se analizziamo un ulteriore caso: la decorazione dipinta dei due cubicoli dell'Ipogeo degli Aureli, sito in via Luzzatti 2 a Roma[52].
Si tratta di un monumento funerario composto da un ambiente semi-ipogeo in muratura e da due ambienti sotterranei a circa 5 m al di sotto il piano di calpestio. L'intero programma decorativo trasmette la concezione escatologica di una committenza raffinata dal punto di vista culturale, che decide di adornare gli ambienti con motivi tratti dal repertorio mitologico in commistione con la tematica filosofica immersa in un idillio bucolico che trasmette il messaggio di una pace cosmica, quella che si augura ai defunti. In questo contesto, particolarmente interessanti risultano gli affreschi del cubicolo A: in essi sembra trovare una risposta la domanda sulla quale si interroga il consesso dei filosofi, ritratti in una 'scena di medicina' nella lunetta dell'arcosolio di fondo del cubicolo B, ossia quale sia il destino dell'anima. Il programma decorativo delle pareti dell'ambiente funerario A si articola in due registri: il più basso è composto da una teoria megalografica di filosofi, mentre quello superiore da una narrazione che si svolge lungo tre delle quattro superfici perimetrali.
Dopo un'apertura che vede un filosofo, colto nel momento della lettura interrotta, seduto su di un colle alla cui base si trova un gregge di ovini e caprini[53], la scena si focalizza sull'immagine di un nobile cavaliere che si accommiata da un gruppo di individui [fig. 12]. La sua figura si staglia su di un fondo dorato di forma quadrangolare, il *parapèthasma*, il velo tra la vita e la morte, che diventa l'attributo chiave per comprendere come il protagonista stia lasciando il mondo dei vivi. Il sentiero verso cui lo guida la sua cavalcatura è cosparso di petali di rose, con chiaro riferimento funerario, e conduce alla porta di una città turrita, attraverso

12.
Scena di commiato. Cubicolo A, Ipogeo degli Aureli. 230 d.C. Roma (da Bisconti 2011).

12.

13.

13.

14.

13.
Veduta di paesaggio urbano con scena di orazione. Cubicolo A, Ipogeo degli Aureli. 230 d.C. Roma (da Bisconti 2011).

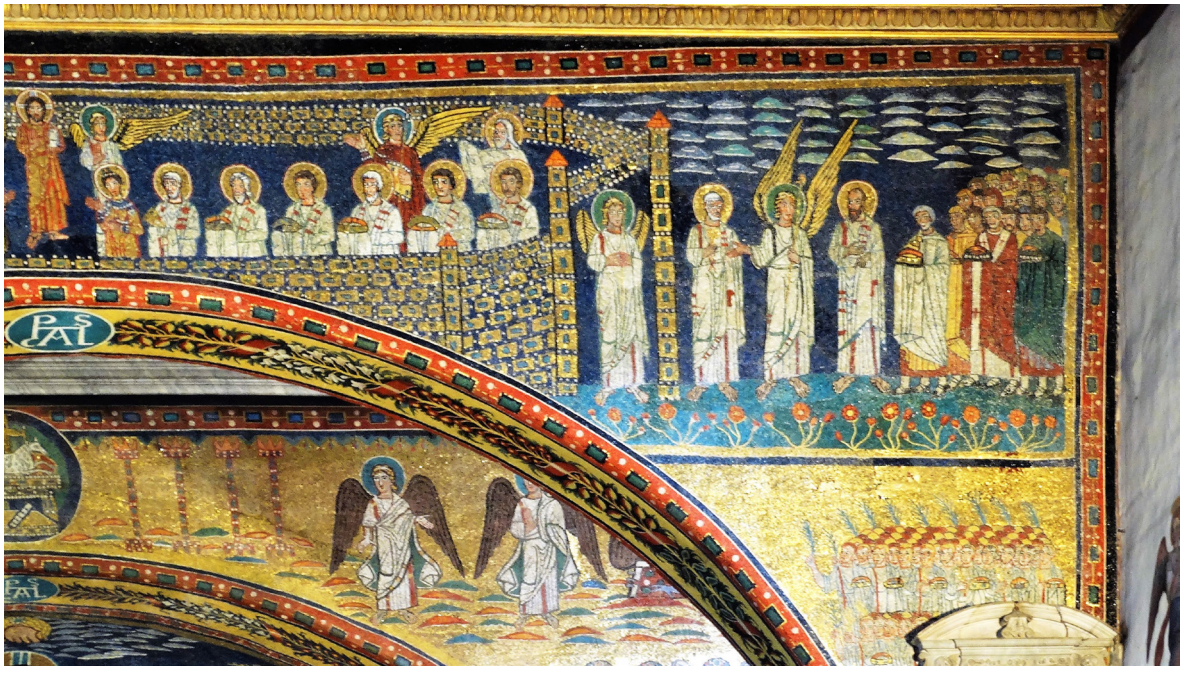
14.
Parete destra del cubicolo A e particolare di prothesis. Ipogeo degli Aureli. 230 d. C. Roma (da Bisconti 2011).

il cui arco vanno in contro al cavaliere quanti lo hanno preceduto nell'aldilà. Ecco che l'habitat oltremondano si materializza agli occhi dello spettatore, ma evidentemente anche nell'immaginario del tempo, come un insediamento articolato, fatto di architetture maestose cinte da mura, atri e quadriportici entro i quali scorre 'il tempo' dei defunti, che si trovano impegnati in attività, quasi come fossero ancora in vita. Il protagonista, infatti, è ritratto poco dopo in un momento di orazione, al centro di uno spazio porticato mentre arringa una turba di individui giunti per ascoltarlo [fig. 13]. Il racconto prosegue mostrando il paesaggio urbano a volo di uccello, un paesaggio che sfuma nel suburbio in cui il protagonista si intrattiene con altri amici in festosi refrigeri immersi nel verde. Infine, la scena torna nello spazio reale per rappresentare un tempo ben preciso: quello del lutto. Infatti, a poca distanza dalle mura di una città, che potremmo identificare come la stessa Roma, una donna dal volto cereo, su un destriero, guarda un catafalco con due salme, posto nello spazio recintato davanti a un sepolcro a camera, come doveva

15.
Calco del sarcofago 'di Stilicone'. Museo Pio Cristiano. Musei Vaticani. Città del Vaticano (foto dell'autore).

16.
Particolare del mosaico dell'arco trionfale. Basilica di S. Prassede. Roma (foto dell'autore).

15.



16.

essere l'ambiente semi-ipogeo appartenuto agli Aureli stessi [fig. 14]. La rappresentazione cristallizza il momento della *pròthesis* dei defunti, con ogni probabilità i due fratelli, Aurelio Onesimo e Aurelio Papirio che, insieme alla sorella, Aurelia Felicissima sono ricordati nella preziosa iscrizione musiva che interessa il pavimento del cubicolo A[54].

L'utilizzo della cifra architettonica al fine di rappresentare una realtà e un tempo parimenti ideali è il risultato di un processo di maturazione sia del pensiero teologico, sia del linguaggio figurativo di committenza cristiana di cui abbiamo un esito, nel tardo IV secolo, visibile sui sarcofagi noti come 'a porte di città' [fig. 15][55]. In tale peculiare tipologia, le arcate sullo sfondo non sono unicamente un espediente tettonico che scandisce le teorie di personaggi, perlopiù apostoli convergenti verso il Cristo, o le singole scene entro campiture ben delimitate, ma fungono anche da elemento che espande il concetto di sede del divino, cosmo invisibile. Tale significato troverà la sua massima espressione nei magniloquenti cicli figurativi dei catini absidali e degli archi trionfali come quelli delle basiliche di S. Prassede e S. Pudenziana, dove le architetture reali divengono immagine della Gerusalemme celeste[56]. A S. Prassede [fig. 16], ad esempio, l'organizzazione iconografica del registro superiore dell'arco trionfale raffigura una scena di *introitus* di due teorie di individui preceduti da angeli e santi, specificamente i *principes apostolorum*, Pietro e Paolo, in una città turrita dalle mura gemmate, abitata dai santi che lodano Cristo, centro della scena, con un preciso riferimento al testo dell'Apocalisse[57].

In definitiva, nel periodo più maturo dell'arte paleocristiana avviene un ribaltamento della concezione di oltre-mondo beato, di *paradisus*: da luogo ameno immerso nel verde si passa alla sede urbana; questo è vero soprattutto per i grandi programmi figurativi che mostrano stretti legami con le più alte committenze del tempo, attente ai risvolti scritturistici. Ma esistono anche soluzioni in cui il paradiso risulta suggerito attraverso iconografie più modeste di abitazioni, o di sineddoche di questo tema, come porte appena dischiuse, o veli tesi all'ingresso delle case, che mutuano il messaggio della *ianua inferi*, in quello della *ianua coeli*, la porta della salvezza, attraverso la mediazione dei testi patristici, in particolare Ambrogio[58] e Gregorio Magno[59].

Concludendo, se l'uomo tardoantico viveva con una idea che l'aldilà fosse un tempo ancora non ben definito, caratterizzato da una sorta di quiete o di spensieratezza nella prosecuzione di alcune situazioni attività perpetuate in vita, il cristiano passa attraverso questa fase per approdare a una concezione di vita nuova in comunione con i *fratres* e nella contemplazione di Dio, sotto l'egida del Cristo. Vive il tempo reale prefigurando con il linguaggio architettonico, epigrafico e iconografico "un nuovo cielo e una nuova terra, perché il cielo di prima e la terra di prima erano passati"[60] e lo fa come in un sapiente gioco di specchi dove lo spazio e il tempo si alternano, tra il reale e l'ideale. In linea suggestiva, si potrebbe suggerire, parafrasando ciò che Fabrizio Bonoli afferma citando Hermann Minkowski[61], che proprio nella Tarda Antichità l'uomo cominci più compiutamente a fare esperienza di un tempo, quello oltremondano, in luogo reale. Questa particolare prospettiva non è stata ancora pienamente indagata in tutte le sue potenzialità; infatti, il dialogo multidisciplinare tra gli aspetti letterari, scritturistici, archeologici e architettonici se portato avanti con maggiore sistematicità, potrebbe inaugurare un nuovo filone di studi che permetterebbe una più chiara comprensione della visione del tempo e dello spazio, sia terreno che oltremondano, così peculiare come quella della società tardoantica che è di molto distante dal materialismo, di stampo positivista post-processualista, che spesso accompagna l'ottica di molti studi contemporanei.

Note

1. Nel mondo contemporaneo, infatti, esiste un tempo naturale, un tempo individuale, un tempo collettivo e sin anche un tempo sociale.
2. Con questo termine si fa riferimento a quel periodo storico che viene convenzionalmente fatto cominciare con la cosiddetta crisi del III secolo e che si protrae, a seconda dei casi, sino al VII secolo. Cfr. Marcone 2020.
3. Questa concezione del tempo affonda le sue radici nelle riflessioni filosofiche della Grecia Antica, nel platonismo e nelle dottrine epigone, tra cui i fondamentali scritti di Polibio. Cfr. in merito Musti 1974, pp. 105-143; Pol., Ἱστορ. XXXX= Musti 2001; Thorton 2020.
4. Solo coloro che avevano le capacità e il 'tempo' per un'indagine introspettiva potevano accedere a un aldilà beato. La maggior parte della popolazione rimaneva legata a pratiche di stampo ritualistico, prescrittivo, scaramantico e giuridico che garantivano la tutela e il funzionamento dell'ordine dei 'vivi'. Nel contesto storico di riferimento sono numerose le correnti filosofiche, per lo più di matrice orientale, in cui è presente una riflessione sulla dimensione temporale, correnti che attecchiscono all'interno di gruppo elitari, settari. Tra queste vi sono il Neo-Pitagorismo, il Platonismo Medio, il Giudaismo Alessandrino, il Neo-Platonismo, le dottrine di Giambico, Proclo, Damascio e Simplicio. Cfr. Levi 1952, pp. 173-200.
5. La prassi funeraria prevedeva una sepoltura decorosa per far in modo che non si verificasse una morte vituperevole, che avrebbe portato caos nel mondo dei vivi (Mansuelli 1963, pp. 19-93). La struttura del sepolcro, la sua caratterizzazione architettonica ha, per la maggior parte delle attestazioni, questa connotazione prettamente terrena (Invernizzi 1994, pp. 29-57). Nonostante, infatti, molte strutture funerarie delle necropoli romane attingano a piene mani dagli stilemi degli edifici templari a loro coevi, con un evidente riferimento alla sacralità dello spazio cinto dalle loro mura, il *locus sepolturae*, è da limitare una marcata enfatizzazione del loro legame con il concetto di

consecratio in forma deorum del defunto (Lavagne 1987, pp. 163-164), una prassi circoscritta quasi esclusivamente alla famiglia imperiale (Scheid 2005 e relativa bibliografia). Cfr., da ultimo, Ortalli 2010 a, pp. 29-31.

6. In riferimento al sistema onomastico romano, cfr. Salway 1994, pp. 124-145.
7. CIL, VI 26003.
8. Buonopane 2023.
9. A tal proposito, in generale, cfr. Zaccaria 1997, pp. 67-82; Zanker 2002; Zanker, Ewald 2008.
10. Bisogna sottolineare che, oltre a quanto detto, esistevano ulteriori elementi decorativi che avevano una funzione simbolica, ora con rimando a pratiche terrene – è il caso dei motivi fitomorfi che riproducevano gli addobbi vegetali dei cortei funebri e delle festività legate ai trapassati (per una carrellata di tali motivi cfr. Dräger 1994), o delle rappresentazioni di oggetti liturgici – ora con funzione profilattica e apotropaica – come belve, creature teriomorfe o mitologiche –, ora ricoprendo la funzione di psicopompi, a simboleggiare la trasmigrazione delle anime. Quanto, poi, alle raffigurazioni mitologiche rappresentate in alcuni manufatti di particolare pregio, senza entrare troppo nel merito della questione, possiamo dire che fungevano da elemento glorificatore del defunto, esaltazione della gioia del vivere o dei momenti felici passati. I cortei dionisiaci, le cacce eroiche, i tiasi marini portavano conforto ai vivi nel loro lutto (sul tema cfr. von Hesberg 1994, pp. 244-254; Zanker 2002, pp. 162-164; Zanker, Ewald 2008; Ortalli 2010 b, pp. 88-89).
11. Rimandavano, infatti, alla spensieratezza e al godimento dei beni terreni, oltre ad alludere ai riti funebri che si celebravano realmente in memoria del defunto. Sui riti funebri nel mondo romano cfr. Toynbee 1971; Scheid 2005.
12. Durante il banchetto i vivi siedono solitamente in posizione reclinata intorno a una tavola sigmoidale e attingono a una mensa centrale, mentre i servi mescono loro bevande o servono il pasto. I personaggi spesso ritratti in conversazione alla quale, in alcuni casi, partecipa simbolicamente il defunto a cui ci si rivolge anche con l'enfatico gesto della parola o dei digiti porrecti, al fine di esorcizzarne l'alterità rispetto ai vivi. Cfr., da ultimo, Ortalli 2010 b, p. 91.
13. Sebbene la prassi della sepoltura ipogea non fosse nuova nell'ambito dell'Impero tardoantico, il suo sfruttamento estensivo e programmatico da parte della comunità cristiana determinò la creazione di una vera e propria *subterranea Urbs*, una città dei morti che si poneva, ancor di più delle necropoli classiche, in una posizione di alterità rispetto allo spazio dei vivi. A livello architettonico e planimetrico l'assetto catacombale rispondeva a una pluralità di funzioni che avevano risvolti sia pratici che religiosi. Un primo fattore di vantaggio era di carattere economico: l'acquisizione di lotti sotterranei, infatti, doveva avere un impatto economico assai minore per una comunità in formazione, rispetto all'acquisto di aree sub divo. L'escavazione di ambulacri perpendicolari tra di loro, che si originavano da gallerie matrice, permetteva un'accurata razionalizzazione dello spazio: le gallerie venivano già predisposte per avere dei diaframmi murari tali da accogliere un determinato numero di pile di loculi, prima dell'apertura di ulteriori gallerie trasversali, come è possibile apprezzare negli impianti genetici delle catacombe di Calepodio, Callisto, Domitilla, Novaziano, Pretestato e Priscilla. Questa disposizione permetteva, inoltre, di sfruttare tutto lo spazio disponibile al fine di inumare quanti più defunti per rispondere a una delle necessità più stringenti dei *fratres*, quella di condividere insieme agli altri fratelli nella fede il riposo nell'attesa della resurrezione (cfr. Fiocchi Nicolai 2007, pp. 467-472; Fiocchi Nicolai 2009, pp. 16-19).
14. Nell'epigrafia cristiana delle origini, le cui attestazioni più precoci sono inquadrabili tra la fine del II e gli inizi del III secolo, un simile messaggio è quasi del tutto assente, dato il laconismo che caratterizza i primi epitaffi. Oltre all'elemento onomastico del defunto, infatti, vi sono sporadiche esclamazioni ireniche che, attraverso la formula 'pace', 'in pace', 'pace a te', alludono alla speranza di una pace ultraterrena o all'augurio di un riposo pacifico nel sepolcro. Cfr. in merito Janssens 1981, p. 93, 258-263; Carletti 2008; Mazzoleni 2009, pp. 149-154.
15. Janssens 1981, pp. 265-270.
16. Janssens 1981, pp. 262-263.
17. ICUR VI 15842; "Per la mia sorte ultima non ho timore alcuno, unica speranza per me di salvezza è infatti Cristo, sotto la cui guida la morte muore".
18. ICUR IV 10585.
19. ICUR X 26329.
20. In particolare, i riferimenti sono a due episodi del Vangelo giovanneo e a uno dal Vangelo di Matteo: la resurrezione di Lazzaro (*Gv* 11, 1-44), il discorso del seme che, una volta morto, rinasce (*Gv* 12, 24-25), Gesù che cammina sulle acque (*Mt* 14, 25-26).
21. ICUR IV 12418.
22. ICUR IV 10685.
23. L'attribuzione è data dalla sepoltura congiunta con una donna – forse la moglie o la madre – che porta il titolo di ἡ λαμπροτάτη, *clarissima*.
24. La menzione di una simile data è quasi totalmente assente nelle iscrizioni profane, per via della visione totalmente retrospettiva alla quale si è già accennato; si trattava perlopiù di un giorno nefasto, che appare nei formulari sepolcrali unicamente in relazione a eventi portentosi che scuotevano la sensibilità scaramantica dei romani. Cfr. per le varie posizioni esistenti in letteratura su questo argomento, cfr. Carletti 2004, pp. 21-48.
25. Mazzoleni 2015, p. 458.
26. ICUR V 13015.
27. ICUR V 13002.a1.
28. ICUR V 12993a.
29. ICUR IV 9524.
30. Ibid.
31. ICUR IV 9521.
32. ICUR IV 9524.
33. Carletti 2002, pp. 331-332.
34. Sull'argomento cfr., in generale, Cristiani 1987, pp. 439-504.
35. CIL X 4495.
36. Cfr. *hic requiescit Mast[---] / qui vixit annus plus [minus ---] / VII kal(endas) se(pte)mb(res) d(ie) domin[ica ---] (ICUR I 486); dall'area delle Cripte di Lucina, all'interno del comprensorio callistiano, [locu]s Iuliani e[t ---] / vv(irorum) cc(larissimorum) deposit[us ---] / dominica q[---] / men(ses) VIII dies XX (ICUR II 5803 a); dal cimitero di Commodilla, abbiamo menzione della sepoltura di un'i-*

gnota donna, al tempo del [consulatu] Ffll(aviorum) Felicis et Tauri [---] / [--- d]ep(osita) id(us?) martias r(ecessit) die d[ominica] / [fecit cum ma]rito annis X (ICUR II 6070.1).

37. ICUR I 1477.

38. ICUR VII 18308: *[--- an]nus plus min(us) / [---]us XI calendas / [--- die] sabbato*.

39. Un epitaffio proveniente dalla catacomba di Priscilla, e attualmente conservato al Palazzo Ducale di Urbino, venne dedicato a *Vere Faiane que...decessit pridiae Na/tale* (ICUR IX 23151), mentre *Maximinus*, lettore del *titulus* dei Ss. Giovanni e Paolo al Celio, venne *depositus...ante pridie Pascae* (ICUR V 13289.2). *Severus, soprannominato Paschasius*, venne sepolto nel cimitero di Castulo, sull'antica via Labicana, *octabas Pascae* (ICUR VI 15895). Dal cimitero di Commodilla abbiamo notizia di un *Pascasius che fecit fatu* (compì il proprio fato) il giorno prima del natale del martire Asterio (ICUR II 6094). Nel medesimo comprensorio funerario si trova anche il *[locus] Felicitatis / [quae depo]sita est / [natal]e domnes The/[clae ---]* (ICUR II 6095) o ancora *Ilara que vicsit annis XVII in / pacae natale Susti* (ICUR IV 12651).

40. *puer natus ... /ora noctis IIII / inlu(i)xit VIII idus ma{d}ias / die Saturnis luna vigesima / sicno apiorno (:signo capricorno) nomine Simplicius* (ICUR VI 15587). La menzione della *Luna* del mese appare anche su un *titulus* dalla via Flaminia, conservato attualmente presso il Museo Nazionale Romano, dove si legge del riposo di *Quadragesima* che visse 45 anni e fu deposta il settimo giorno prima delle calende di gennaio (26 dicembre), nel giorno della *luna prima* (ICUR I 1947; ICUR X 27666). Dalla catacomba di Commodilla, sappiamo della piccola Leoparda, defunta a due anni e undici mesi, quindici giorni prima delle calende di ottobre, durante la *luna XV* (ICUR II 6052).

41. Cfr. *supra* pp. 3-4 e Ciccarese 1987.

42. Questo linguaggio ancora legato ai temi del retaggio profano perdura quasi per tutto il corso del III secolo, con attestazioni posteriori, anche in ambito cristiano.

43. In generale, per i riferimenti ai sarcofagi cfr. Deichmann, Bovini, Brandenburg 1967.

44. Spera 2000, pp. 243-284.

45. Bayet 1962, pp. 171-213.

46. Bisconti 2004, p. 57.

47. Gli esempi sono numerosi: cfr. Bisconti 1983, pp. 61-85.

48. A titolo esemplificativo, cfr. le tre Moire rappresentate su un frammento di un sarcofago romano della fine del III secolo conservato nel Museo Pio-Clementino dei Musei Vaticani.

49. Aul. Gell., *Noct. Att*. III, 3, 5.

50. Vangelo *Gv* 5, 2-15.

51. 2 *Cor*. 6, 1-2.

52. Per un approfondimento sul sito cfr. Bisconti 2011.

53. L'immagine venne interpretata, in un primo momento, come una figurazione di Cristo docente, un'istantanea del discorso della montagna dove le folle alla base del colle sono rappresentate dagli animali. La lettura è assai più neutra e rientra nei casi in cui viene ritratta la filosofia all'interno dei contesti bucolici come figurazione dell'aldilà. Cfr. Giannitrapani 2000, pp. 181-182.

54. Ove di legge: *Aurelio Onisimo/ Aurelio Papirio/ Aureliae Prime virg(inae)/ Aurelius Felicissimus/ fratris et coliber(tis) b(ene)m(erentibus) f(ecit).*

55. Bisconti 2007, pp. 456-467.

56. In generale cfr. Goffredo 2000, p. 150.

57. "[10]L'angelo mi trasportò in spirito su di un monte grande e alto, e mi mostrò la città santa, Gerusalemme, che scendeva dal cielo, da Dio, risplendente della gloria di Dio. [11]Il suo splendore è simile a quello di una gemma preziosissima, come pietra di diaspro cristallino. [12]La città è cinta da un grande e alto muro con dodici porte: sopra queste porte stanno dodici angeli e nomi scritti, i nomi delle dodici tribù dei figli d'Israele". *Ap*. 21, 10-14.

58. Amb., *De Bono Mort.* 10, 45= CSEL 32, 741.

59. Greg. Magn., *Dial*. 4, 36, 13= SC 265, pp. 122-124.

60. Cfr. *Ap*. 21, 1.

61. Bonoli 2022, p. 24.

Bibliografia

Baruffa A. (1994). *Giovanni Battista De Rossi: l'archeologo esploratore delle catacombe*. Città del Vaticano: Libreria Editrice Vaticana.

Bayet J. (1962). Idéologie et plastique. III. Les sarcophage chrétiens a 'grandes pastorales'. In Mélange de l'Ecole Français de Rome. *Antiquité*, n. 74, pp. 171-213.

Bisconti F. (1983). Un nuovo coperchio di sarcofago dal cimitero di Novaziano. *Rivista di Archeologia Cristiana*, n. 59, 1-2, pp. 61-85.

Bisconti F. (2000 a). Buon Pastore. In F. Bisconti (a cura di). *Temi di Iconografia cristiana*, p. 138. Città del Vaticano: Pontificio Istituto di Archeologia Cristiana.

Bisconti F. (2000 b). Orante. In F. Bisconti (a cura di). *Temi di Iconografia cristiana*, p. 235-236. Città del Vaticano: Pontificio Istituto di Archeologia Cristiana.

Bisconti F. (2004). I sarcofagi del Paradiso. In F. Bisconti, H. Brandenburg (a cura di). *Sarcofagi tardoantichi, paleocristiani e altomedievali*, pp. 53-74. Città del Vaticano: Pontificio Istituto di Archeologia Cristiana.

Bisconti F. (2007). I sarcofagi "a porte di città": prototipi antichi ed esiti paleocristiani. In A.C. Quintavalle (a cura di), *Medioevo. La chiesa e il palazzo*, p. 456-467. Milano: Mondadori Electa.

Bisconti F. (a cura di). (2011). *L'ipogeo degli Aureli in viale Manzoni. Restauri, tutela, valorizzazione e aggiornamenti interpretativi*. Città del Vaticano: Pontificia Commissione di Archeologia Sacra.

Bonoli F. (2022). Tempo. In L. Farroni, M. Incerti, A. Pagliano (a cura di), *Rappresentare il Tempo. Architettura, geometria e astronomia, Atti della prima giornata di studi Palazzo Spada, Roma - 23 marzo 2022*, pp. 23-29. Roma: Libreria universitaria edizioni.

Borda M. (1948). Collegia funeraticia. In *Enciclopedia Cattolica*. Città del Vaticano: Editrice Vaticana, vol. IV, coll. 1950-1952.

Buonopane A. (2023). *Manuale di epigrafia latina. Nuova edizione*. Roma: Carocci.

Carletti C. (2002). "Scrivere i santi": epigrafia del pellegrinaggio a Roma nei secoli VII-IX. In *Roma tra Occidente e Oriente, Settimana del Centro Italiano di Studi sull'Alto Medioevo,* n. 49. Spoleto: Fondazione Centro italiano di studi sull'alto medioevo, pp. 323-360.

Carletti C. (2004). Dies mortis-depositio: un modulo

'profano' nell'epigrafia tardoantica. In *Vetera Christianorum,* n. 41, pp. 21-48.

Carletti C. (2008), *Epigrafia dei cristiani in occidente dal III al VII secolo. Ideologia e prassi.* Bari: Edipuglia.

Ciccarese M. P. (1987). *Visioni dell'aldilà in Occidente. Fonti, modelli, testi*. Bologna: EDB.

CIL. *Corpus Inscriptionum Latinarum I-XVII*. Berlin: de Gruyter.

Cristiani M. (1987). Tempo rituale e tempo storico. Comunione cristiana e sacrificio. Scelte antropologiche della cultura altomedievale. In *Segni e riti nella chiesa altomedievale occidentale, Settimana del Centro Italiano di Studi sull'Alto Medioevo*, n. 33, 2, Spoleto: Panetto e Petrelli 1987, pp. 439-504.

CSEL. *Corpus Scriptorum Ecclesiasticorum Latinorum*. Berlin: De Gruyter.

Deichmann F.W., Bovini G., Brandenburg H. (1967). *Repertorium der christlich-antiken Sarkophage*. Rom un Ostia I. Wiesbaden.

de Rossi, G.B. (1867-77). *La Roma Sotterranea Cristiana I-III*. Roma: Cromolitografia pontificia 1867-77.

Dräger O. (1994). *Religionem significare. Studien zu reic verzierten römischen Altären un Basen aus Marmor*. Mainz: Zabern.

Giannitrapani M. (2000). Filosofo. In F. Bisconti (a cura di). *Temi di Iconografia cristiana*, pp. 181-182. Città del Vaticano: Pontificio Istituto di Archeologia Cristiana.

Goffredo D. (2000). Cielo. In F. Bisconti (a cura di). T*emi di Iconografia cristiana,* p. 150, Città del Vaticano: Pontificio Istituto di Archeologia Cristiana.

Fiocchi Nicolai V. (2007). Carità e fraternità all'origine delle catacombe cristiane. In L. Leuzzi (a cura di). *La carità intellettuale. Percorsi culturali per un nuovo umanesimo. Scritti in onore di Benedetto XVI*, pp. 467-472. Città del Vaticano: Libreria Editrice Vaticana.

Fiocchi Nicolai V. (2009). Origine e sviluppo delle catacombe romane. In V. Fiocchi Nicolai, F. Bisconti, D. Mazzoleni (a cura di). *Le catacombe cristiane di Roma. Origini, sviluppo, apparati decorativi, documentazione epigrafica*, , pp. 9-70. Regensburg: Schnell & Steiner.

Invernizzi A. (1994). *Il Calendario (Museo della Civiltà Romana, Vita e Costumi dei Romani antichi, XVI)*. Roma: Quasar.

Janssens J. (1981). *Vita e morte del cristiano negli epitaffi di Roma anteriori al VII secolo*. Roma: Tipografia Pontificia Università Gregoriana.

La Rocca E. (2015). *L'Età dell'Angoscia. Da Commodo a Diocleziano (180-305 d.C.) - Catalogo della Mostra: I giorni di Roma*. Roma: Arbor Sapientiae.

Lavagne H. (1987). Le tombeau, mémoire du mort. in F. Hinard (a cura di), *La mort, les morts et l'au-delà dans le monde romain (Actes Colloque Caen 1985)*, pp. 159-175. Caen.

Levi A. (1952). Il concetto del tempo nelle filosofie dell'età romana. In *Rivista Critica di Storia della Filosofia*, n. 7, 3 (Maggio-Giugno 1952), pp. 173-200.

Mansuelli G.A. (1963). Les monuments commémoratifs romains de la vallée du Po. In *Monuments et mémoires de la Fondation Eugène Piot*, n. 53, pp. 19-93.

Marcone A. (2020). *La Tarda Antichità*. Roma: Carocci.

Mazzoleni D. (2009). La produzione epigrafica delle catacombe romane. In V. Fiocchi Nicolai, F. Bisconti, D. Mazzoleni (a cura di). *Le catacombe cristiane di Roma. Origini, sviluppo, apparati decorativi, documentazione epigrafica*, pp. 147-184. Regensburg: Schnell & Steiner.

Mazzoleni D. (2016). Rise of Christianity. In Ch. Bruun, J. Edmonson (a cura di). *The Oxford Handbook of Roman Epigraphy*, pp. 443-468. Oxford: Oxford University Press.

Musti D. (1974). Polibio e la storiografia romana arcaica. In F.W. Walbank et al. (a cura di). *Polybe: neuf exposés suivis de discussions*, pp. 105-143. Vandœuvres: Fondation Hardt.

Musti D. (2001). *Polibio. Storie. Testo greco a fronte*. Milano: Rizzoli 2001.

Ortalli J. (2010 a). Morti inquiete e tombe anomale tra storia, antropologia e archeologia. In M. Belcastro, J. Ortalli (a cura di). *Sepolture anomale. Indagini archeologiche e antropologiche dall'epoca classica al Medioevo in Emilia-Romagna. Giornata di Studi (Castelfranco Emilia, 19 dicembre 2009)*, pp. 23-37. Sesto Fiorentino: All'Insegna del Giglio.

Ortalli J. (2010 b). I Romani e l'idea dell'oltretomba tra monumenti, immagini e scritture. In *Ostraka*, n. 19, 1-2, pp. 79-106.

Pagliano A. (2018). *Le ore del sole. Geometria e astronomia negli antichi orologi solari romani, catalogo della mostra (Napoli, 21 settembre 2018 - 31 gennaio 2019)*. Roma: Editori Paparo.

Salway B. (1994). What's in a name? A survey of Roman onomastic practice, from c.700 b.C. to a.D. 700. In *The Journal of Roman Studies*, n. 84, pp. 124-145.

Scheid J. (2005). *Quand faire, c'est croire. Le rites sacrificiels des Romains*. Paris: Aubier.

Severino N. (2011). *Storia della gnomonica*. Roccasecca 2011.

Spera L. (2000). Un sarcofago con temi agro-pastorali dallo scavo dell'arenario centrale della catacomba di Priscilla. In *Rivista di Archeologia Cristiana*, n. 76, 1-2, pp. 243-284.

Thorton J. (1963). *Polibio, il politico e lo storico.* Roma: Carocci editore.

Toynbee J.M.C (1971). *Death and burial in the Roman World*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

Utro U. (2019). *Tempo Divino, I sarcofagi di Bethesda e l'avvento del Salvatore nel Mediterraneo antico*. Città del Vaticano: Libreria Editrice Vaticana.

Zaccaria C. (1997). Aspetti sociali del monumento funerario romano. In M. Mirabella Roberti (a cura di). *Monumenti sepolcrali romani in Aquileia e nella Cisalpina (Atti della Settimana di Studi Aquileiese 1995)*, pp. 67-82. Trieste: Editreg S.r.l.

Zanker P. (2002). *Un'arte per l'Impero. Funzione e intenzione delle immagini nel mondo romano*. Milano: Electa.

Zanker P., Ewald B.C. (2008). *Vivere con i miti. L'iconografia dei sarcofagi romani*. Torino: Bollati Boringhieri.

von Hesberg H. (1994). *Monumenta. I sepolcri romani e la loro architettura*. Milano: Longanesi.

Weitzmann K. (1980). *Age of Spirituality. A Symposium*. Princeton: Princeton University Press.

L'arco onorario di Donnas (AO) inquadrante il Becco di Nona (2085 m) al confine tra la XI regione augustea e la provincia delle Alpi Pennine (foto di Sandro Caranzano)

Geometria, numero e cosmo nella città antica. La *Regio XI augustea*

Abstract

Il contributo si propone di analizzare le emergenze di alcuni centri del Piemonte romano dal punto di vista architettonico, aritmogeometrico e astronomico nel tentativo di risalire ai principi teoretici applicati dai progettisti dell'antichità. In particolare, vengono per la prima volta messe a confronto le città romane di Torino, Aosta, Susa e Novara attraverso la rilettura delle fonti e dei dati archeologici dopo aver applicato per lo studio di *Augusta Taurinorum* un apposito programma IDL per il Sole Vero. I risultati suggeriscono l'implementazione di modelli geometrici nella forma *urbis* e la volontà di relazionare la città con il paesaggio e il cosmo. Viene infine riconfermata l'importanza dell'*ars* gnomonica come punto di partenza di ogni attività progettuale.

The present contribution compares for the first time the Piedmont Roman cities of Turin, Aosta, Susa, and Novara from an architectural, arrhythmo-geometric and astronomical point of view in attempt to reconstruct the theoretical principles applied by ancient planners. Supported by the results obtained with an IDL program to compute the True Sun specifically done for the study of *Augusta Taurinorum*, we revisited the sources and the archaeological data. The comparative analysis suggests the application of geometric models in the *forma urbis* and the desire to relate the city to the landscape and to the cosmos. The importance of the *Ars gnomonica* as the starting point of every planning activity is reconfirmed.

Parole chiave

Regio XI Transpadana
Piemonte romano
Ars gnomonica
Roma quadrata
Disciplina augurale

Sandro Caranzano
Centro Studi Archeologici Herakles
→ sandrocaranzano@centroherakles.it

Mariateresa Crosta
Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF)
sede di Torino
→ mariateresa.crosta@inaf.it

Introduzione: architettura, forma urbana e simmetria

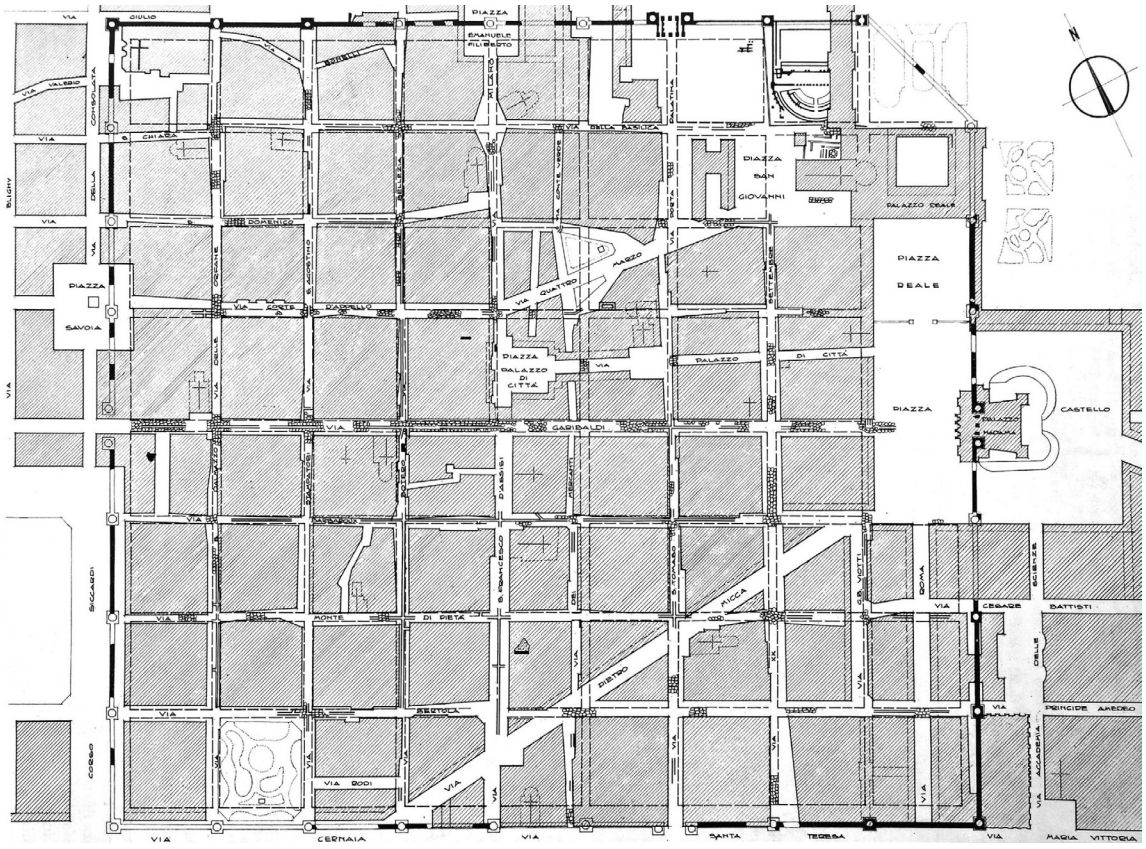
Caratteristica peculiare di Roma fu la capacità di acquisire, seriare e mettere a disposizione dei cittadini le conquiste scientifiche elaborate dalla civiltà greca in età classica ed ellenistica. Molte delle intuizioni teoretiche elaborate ad Alessandria, Antiochia e Rodi trovarono una diretta applicazione nella fondazione della città e nella centuriazione delle campagne, approfittando dell'organizzazione logistica e delle capacità tecniche degli architetti, degli urbanisti e dei gromatici romani (Dioxiadis 1972; Geertman, de Jong 1987; Wesenberg 1987; Russo 2013).

Vitruvio, riordinando nel *De Architectura* l'ampia trattatistica a sua disposizione, accenna espressamente all'esigenza di perseguire la *firmitas* (solidità), la *venustas* (bellezza) e la *utilitas* (funzionalità) (I 3, 2). Per far ciò egli ricorre a concetti astratti come l'uso del modulo (*ordinatio*), la progettazione in planimetria, alzato e prospettiva dell'*edificium* (*dispositio*) e la ricerca della proporzionalità tra le parti che lo compongono attraverso i difficili concetti di *eurythmia* e *symmetria* (I 2, 2-4). Tra i compiti dell'architetto vi sarà poi quello di vagliare la natura del luogo "in funzione dell'uso e dell'aspetto dell'edificio", modulandone le proporzioni in base all'ambiente in cui è immerso (VI, 1,2): ed è questo il tema del rapporto tra edificio e paesaggio su cui torneremo. Sesto Giulio Frontino e Igino Gromatico offrono maggiori informazioni sui metodi di misurazione e sui criteri di orientamento degli assi rispetto al paesaggio e al cosmo (Hyg. Grom. L. 167-191; Front. L. 27-29). I trattati dei gromatici forniscono in effetti un supporto alla comprensione dei casi rilevati sperimentalmente in cui un determinato *edificium* o l'asse di una città appaiono orientati con il sorgere del Sole in coincidenza di particolari date del calendario civile o religioso (Nissen 1869; Valeton 1892; Aveni, Romano 1994; Magli 2008; Gottarelli 2010; González-García, Magli 2015). Sino ad oggi, l'indagine sulla forma della città antica si è sostanzialmente divisa in due filoni: il primo legato allo studio delle relazioni proporzionali interne dell'edificio concepito come chiuso in sé stesso (architettura) e il secondo più strettamente connesso al rapporto tra la città e il cosmo (archeoastronomia). Tali discipline si relazionavano l'una con l'altra in modo organico, soprattutto nella fase progettuale (Incerti 2010). È noto d'altronde come nel mondo antico matematica, geometria, astronomia e musica (unificate dalla "misura" e dalla "proporzione") fossero percepite come parte di un tutto (Vitruvio *De arch* I 1,3 e IX 1-6; Hyg. L 184-188). Un'indagine sul Piemonte romano risulta particolarmente stimolante quando si considerino le condizioni politiche e storiche di un'area rimasta sostanzialmente periferica nell'Italia antica. Qui, la fondazione di alcune colonie come Torino e Aosta avvenne di fatto su un terreno privo di significative preesistenze, permettendo la messa in atto dei progetti e delle soluzioni teoretiche senza eccessivi vincoli (Sommella 2018).

Forma urbana e corso del Sole

In Piemonte la colonizzazione si mosse secondo due direttrici e abbastanza tardivamente (Torelli 1998; Migliario 2014). Delle colonie di età repubblicana di *Dertona*-Tortona (123/118 a.C.) e *Eporedia*-Ivrea (100 a.C.) conosciamo poco, sicché non è per ora possibile risalire alla loro struttura urbanistica. Maggiori sono invece le informazioni per l'età augustea quando si procedette all'urbanizzazione dei territori a nord del Po (XI Regio Transpadana).Svetonio, ricorda che Augusto fondò in prima persona 28 colonie in Italia (Aug. 46), tra le quali si devono annoverare Torino-*Augusta Taurinorum* e Aosta-*Augusta Praetoria* (25 a.C.). Le due città presentano planimetrie paragonabili: *Augusta Taurinorum* è caratterizzata da 8 × 9 isolati quadrati di 70 x 70 metri su una superficie di 760 × 670 metri, mentre A*ugusta Praetoria* è organizzata su 8 × 8 isolati con una pianta più "allungata", di 725 x 571 metri. Nell'impianto ortogonale di *cardines* e decumani delle due città dobbiamo riconoscere un'applicazione del modello del *castrum* in ambito civile (Dilke 1988), tanto più che le esigenze pratico-organizzative di un campo militare (mobilità, approvvigionamento, difesa) non erano molto differenti da quelli di una città di circa 6000 abitanti.

Al contempo non va escluso un interesse di carattere simbolico riflesso ad esempio nell'uso del modulo quadrato, vero asse generatore della città, della forma della cinta e degli isolati [fig. 1]. Ciò trova conferma negli scritti di Solino (I, 17) che accenna a un'enigmatica "Roma quadrata" *ad equilibrium* (Feraco 2015), mentre Sesto Pompeo Festo (*De verb. sign.* 310) riferisce che Augusto fece costruire una "Roma quadrata" di fronte al tempio di Apollo sul Palatino, vale a dire uno spazio sacro con un altare in cui era riposto "ciò che di buono si impiega nella fondazione di una città e ai fini dell'auspicio". Poco conta se il concetto di Roma quadrata ed "equilibrata" non appartenne davvero alla città romulea come preteso dagli storici romani e fu piuttosto il frutto di una rielaborazione di concetti di matrice pitagorica avvenuta in età ellenistica (Grandazzi 1993; Mastrocinque 1998 e 2000). La pratica dimostra che il modulo quadrangolare si propone nella città ripetutamente. Così, ad *Augusta Taurinorum*-Torino e ad *Hasta*-Asti, la pianta esadecagonale delle torri delle porte urbiche è raccordata con il quadrato di base attraverso dei contrafforti troncopiramidali opportunamente sagomati (Bendinelli 1929). Anche l'ara di inaugurazione delle mura romane scoperta scavando nel 2001 in piazza Castello a Torino fu realizzata disponendo quattro anfore ai vertici di un quadrilatero di circa 5 metri di lato al cui interno furono sepolte le ceneri del pasto rituale

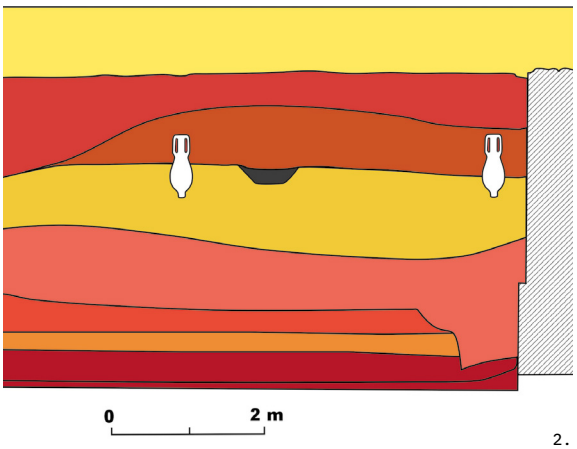


1.

1.
Mappa della Torino romana da rilievo grafico della Regia Soprintendenza dell'Arte medievale e moderna. Vi sono indicati in nero i tratti della cinta urbica riconosciuti archeologicamente e, in corrispondenza delle strade, i tratti di cloaca e di selciato romano portati alla luce durante scavi occasionali (da Bendinelli 1929).

2.
Sezione stratigrafica dello spazio sacrificale scoperto a 30 centimetri dalla cortina muraria di *Augusta Taurinorum* con quattro anfore disposte ai vertici di un quadrangolo (5,30 x 4,15 x 5,60 x 4,50) riempite di segmenti di costole di bovino. (elaborazione grafica di Sandro Caranzano).

(Brecciaroli Taborelli, Gabucci 2006) [fig. 2]. Il collegamento ideale con la cosiddetta Roma quadrata si spiega con il fatto che le colonie erano considerate giuridicamente una vera e propria "estensione di Roma fuori di Roma", differentemente dai municipi e dalle colonie latine che erano invece svincolati dall'obbligo ideologico di conformarsi all'archetipo dell'*Urbs* (Gargola 1994; Maganzani 2002). Se la *symmetria* della città coloniale trova dunque soluzione nel modello quadrato, rimane da chiarire il suo relazionarsi con il cosmo. Ad *Augusta Praetoria* le ricerche evidenziano che il 21 dicembre, al solstizio invernale, il Sole sorge all'altezza di 17° rispetto all'orizzonte locale a causa dell'ostacolo posto dai monti (che qui raggiungono l'altezza di 2090 metri alla distanza di soli 5 km) illuminando il cardo e la città da sud a nord (Bertarione, Magli 2015). Tale effetto fu ottenuto grazie all'orientamento del *cardo maximus* a circa 158° di azimut [fig. 3]. L'inversione del cardo con il decumano è accennata tra le *variationes* possibili da Igino Gromatico (*de lim.* L. 170.10) . L'insolita dislocazione della facciata dei templi del foro verso sud – e non ad oriente come previsto da Igino (*de lim.* L. 170.1)[1] – rappresenta un'anomalia solo apparente, poiché finalizzata a permettere l'illuminazione del frontone, degli altari e delle statue celebrative del foro il 21 dicembre, giorno del genetliaco urbico; una data considerata predestinata e benaugurale coincidente con quella di concepimento di Ottaviano Augusto (Barbone 2012)



2.

[fig. 4]. La scoperta di un altorilievo con l'immagine di un aratro e del segno zodiacale del Capricorno (La Rocca 2017) presso la torre nord occidentale conferma la componente allusiva dell'atto inaugurale e delle mura (Bertarione, Joris 2013).
Il caso emblematico di Aosta ha stimolato un'indagine sulla colonia di *Augusta Taurinorum* dedotta parimenti nel periodo medio-augusteo ma la cui data di fondazione non è invece nota.
Punto di partenza di ogni speculazione è la fortunata persistenza del tracciato del decumano massimo con l'attuale via Garibaldi, il cui azimut è stato verificato sia con GPS sia con teodolite (Caranzano, Crosta 2018-19) [fig. 5][2].

3.

3.
Planimetra di *Augusta Praetoria*-Aosta con indicazione delle *insulae* romane, del giro delle mura e dei principali monumenti. L'asse del "cardo" (via croix-de-ville/Challand) è allineato con il sorgere del Sole al solstizio invernale (ASI) a 158° 06' NW-SE. (elaborazione grafica di Sandro Caranzano)

4.

4.
Stele funeraria lealista del legionario L. Marius da Pezzolo (CN), con la rappresentazione della lupa e dei gemelli nel registro inferiore; in alto, il disco di Apollo su un altare tra il segno zodiacale del Capricorno caro ad Augusto. La posizione dei capricorni affrontati al disco solare deve considerarsi un'allusione al solstizio invernale. (foto di Sandro Caranzano)

5.

5.
Sondaggio archeologico allo sbocco di via Garibaldi su piazza Castello dei primi anni '80 del XX secolo. La strada si dirige in asse verso la facciata juvarriana che ingloba la porta romana orientale. (da Filippi F., 1982, Risultati e significato di un intervento archeologico in piazza Castello a Torino. In *Torino nell'alto medioevo: castello, uomini, oggetti*. Musei Civici della Città di Torino, Torino)

La ricostruzione del processo di misura e il caso di *Augusta Taurinorum*

Al fine della ricostruzione della procedura messa in atto dai gromatici, è parsa opportuna la rilettura critica della trattatistica antica alla luce delle moderne conoscenze sul rituale di fondazione etrusco-romano (Sassatelli 2005).

Qui, in primo luogo si conferma l'importanza della groma/gnomone ai fini della comprensione del moto apparente del Sole e dell'orientamento nello spazio (Severino 2011; Pagliano 2022). Frontino parla espressamente di una "somma e divina arte della gnomonica" affermando che "il desiderio di ottenere il vero non può essere soddisfatto se non mediante il movimento di un' ombra" (L. 184.1).

Nonostante i limiti del linguaggio manualistico utilizzato dai gromatici, Igino lascia intendere che l'orientamento rispetto al corso del Sole (anche in funzione del riconoscimento dei punti cardinali) veniva effettuato basandosi sulle ombre di uno gnomone e registrando almeno tre misure, delle quali una al levare del Sole, una al suo calare e una al mezzogiorno quando l'ombra raggiunge la minore lunghezza.

Igino indica anche il momento in cui effettuare le mi-

sure, vale a dire in coincidenza con il primo e l'ultimo bagliore, espressi dai superlativi *primum* e *novissime* (L. 183.1). I gromatici sono poi perfettamente al corrente dell'effetto di anticipo o ritardo della comparsa del Sole in presenza di ostacoli naturali all'orizzonte (come evidenziato ad Aosta)[3].

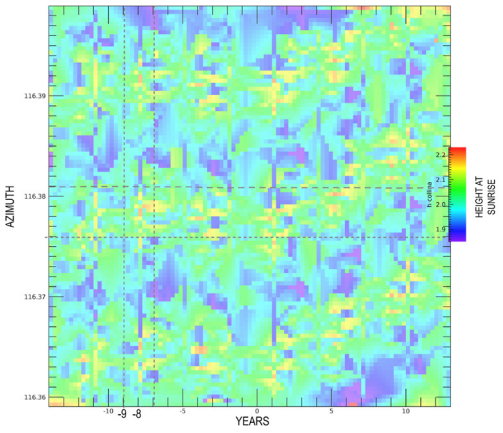
La stima del punto di *proximum vero ortum* – che di per sé non produce un'ombra significativa – comporta un aggiustamento per inscrivere il rettangolo di "fondazione" (la terra) nel cerchio di riferimento (il cielo). La correzione sul punto di levata poteva essere effettuata confrontando le proiezioni delle ombre dello gnomone (Caranzano, Crosta 2022) attraverso un calcolo geometrico deducibile dal teorema dello gnomone (Euclide *Elem.* I, 43). L'algoritmo geometrico serviva ad effettuare mutue sottrazioni di processi iterativi volti a trovare il modulo comune tra le misure non equilibrate, come ad esempio l'altezza dell'ombra al tramonto e all'alba. In sostanza, mentre la groma era lo strumento essenziale per tracciare sul terreno gli angoli retti con la dovuta precisione e impostare la centuriazione, l'ombra dello gnomone rappresentava lo strumento base complementare per ogni considerazione teorica sul movimento del Sole (Hyg. Const. *Lim.* L 189, 1-15).

Nel computo del giorno di fondazione della colonia sono stati tenuti in considerazione il levare e il calare, provvedendo al loro bilanciamento attraverso gli strumenti della geometria euclidea.

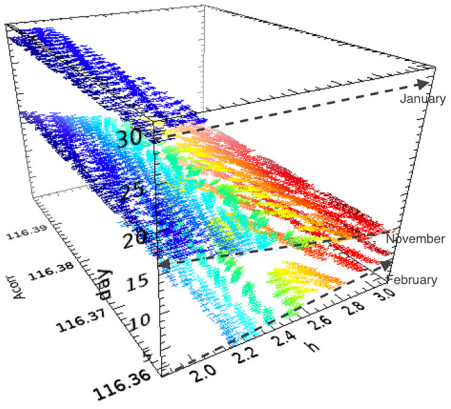
Per ottenere interpretazioni attendibili sono stati implementati gli algoritmi astronomici del Sole Vero (Lattanzi, Pannunzio 2006; Meus 1999) in un programma IDL appositamente elaborato per analizzare in un quadro coerente, con più variabili, la ricostruzione a ritroso delle operazioni di misura compiute dal gromatico. Una semplice ispezione tramite *CyberSky* o *Stellarium* non consentirebbe la simultanea analisi dei fattori inficianti l'osservazione della prima apparizione del bordo del disco solare[4]. Tali incertezze sono state inserite nelle formule di trigonometria sferica per l'azimut (coordinate locali) e per l'angolo orario (che computa l'ora rispetto al passaggio di un astro al meridiano); quest'ultime dipendono dalla latitudine del luogo, dalla declinazione del Sole Vero (ovvero dall'obliquità media dell'eclittica e dalla longitudine apparente geocentrica lungo l'eclittica), nonché dalla data giuliana (fondamentale in astronomia per calcolare un fenomeno astronomico indipendentemente dal calendario in uso). Infine, utilizzando specifiche librerie astronomiche IDL, è stata calcolata un'inversione numerica della formula trigonometrica della coordinata azimutale attorno all'unico dato disponibile (l'azimut misurato di via Garibaldi) che rappresenta il risultato dell'operazione di misura effettuata dai gromatici includente tutti i possibili fattori.

Poiché l'intervallo delle possibili date di fondazione di *Augusta Taurinorum* si colloca in un periodo storico ristretto, tra il 27 a.C. (data di concessione a Ottaviano del titolo di Augusto) al 14 d.C. (data della sua morte), è stato possibile effettuare un filtraggio dei valori che si armonizza con i contesti geografico, epigrafico, storico e archeologico.

L'inversione permette, difatti, di selezionare un intervallo di date corrispondenti e di convertire la data giuliana in giorno civile secondo il calendario dell'epoca per tutti gli anni rilevanti[5].



6.



7.

Interpretazione contestuale dell'analisi computazionale

Lo studio si è concentrato sulle date che cadono dopo il solstizio invernale, come si verifica per le date inaugurali ad oggi note dalle fonti e nello specifico: Roma il 21 aprile (Varro. *Rom.* 12,2), Bologna il 28 dicembre (Liv. XXXVII, 57,7), Brindisi il 5 agosto (Cic. *Ad Famil.* 4,14) e Costantinopoli l'11 maggio (*Chron. Pasc.* 330)[6].

Per quanto riguarda l'interferenza dei rilievi naturali all'orizzonte, a Torino si registra la presenza del profilo della collina torinese a est e della catena alpina ad ovest. Il bilanciamento dell'azimut del Sole nascente al 30 gennaio avviene per altezze prossime all'ostacolo visivo all'alba, convalidando l'ipotesi che sia stato osservato il primissimo bagliore del bordo superiore del Sole [figg. 6, 7].

Dalle analisi numeriche emerge chiaramente che il 30

6.
La figura mostra la distribuzione degli azimut computati (asse Y) attorno al valore misurato dell'azimut del decumano (indicato tra le linee tratteggiate orizzontali) in funzione sia delle variazioni di altitudini dell'ostacolo al sorgere del Sole (intervallo di valori indicato nella banda colorata sulla destra), sia degli anni (asse X). Il rettangolo tratteggiato contiene i valori considerati nella nostra analisi (anni 9 e 8 a.C.). (elaborazione grafica di Mariateresa Crosta)

7.
La figura mostra la distribuzione dei giorni (asse Z) rispetto alle altezze (asse X, i colori corrispondono a quelli della figura 6) al sorgere del Sole attorno al valore misurato dell'azimut (asse Y). È evidente come le date attorno al 30 gennaio siano compatibili con il primo bagliore del Sole nascente considerando gli ostacoli naturali, mentre i giorni dall'1 febbraio in poi rispondono ad altitudini maggiori. Nell'immagine sono riportate anche le date comprese tra l'11 e il 16 novembre. (elaborazione grafica di Mariateresa Crosta).

gennaio coincide con il moto del Sole Vero, a prescindere da possibili errori di calcolo relativi al calendario civile adottato, unitamente all'osservazione di un punto *proximum vero ortum*, a conferma dell'ipotesi che la città sia stata fondata secondo il corso del Sole.
Il ricorrere della data del 30 gennaio è di un certo interesse, perché coincide con la celebrazione della festività dell'*Ara Pacis Augustae*, istituita dal Senato il 4 luglio del 13 a.C. in concomitanza con il *reditus* di Augusto (*Res Gestae* 11) e celebrata ogni anno a Roma e nell'impero ogni 30 gennaio a partire dal 9 a.C. Tale festività, riportata nei *Fasti*, costituì un momento di svolta nella politica augustea segnando la fine delle guerre civili (da quella contro Cassio e Bruto alla vittoria contro Marco Antonio e Cleopatra) e fu propagandata ufficialmente come inizio di una nuova età dell'oro (Rossini 2006).
Significativa a tal proposito è la sincronia cronologica con gli eventi svoltisi a Susa dove nel 13/12 a.C. viene stipulato un *foedus* con il re indigeno Cozio e nel 9/8 a.C. inaugurato l'arco.
Un'inaugurazione di *Augusta Taurinorum* in onore di un tema che in quegli anni doveva essere noto a tutti e valorizzato dalla pubblicistica imperiale può ritenersi molto credibile soprattutto considerato che gli ultimi atti della guerra avevano interessato i territori prossimi alla città con la sottomissione delle tribù alpine, un evento storico e per certi versi traumatico che richiedeva un superamento ideale.
La data del 30 gennaio porta con sé implicitamente un dato nuovo, vale a dire la fissazione di un termine *post quem* per la deduzione della colonia dal momento che quest'ultima non poteva essere inaugurata in onore di una festa non ancora istituita (Caranzano, Crosta 2018).

I *municipia: Segusio e Novaria*

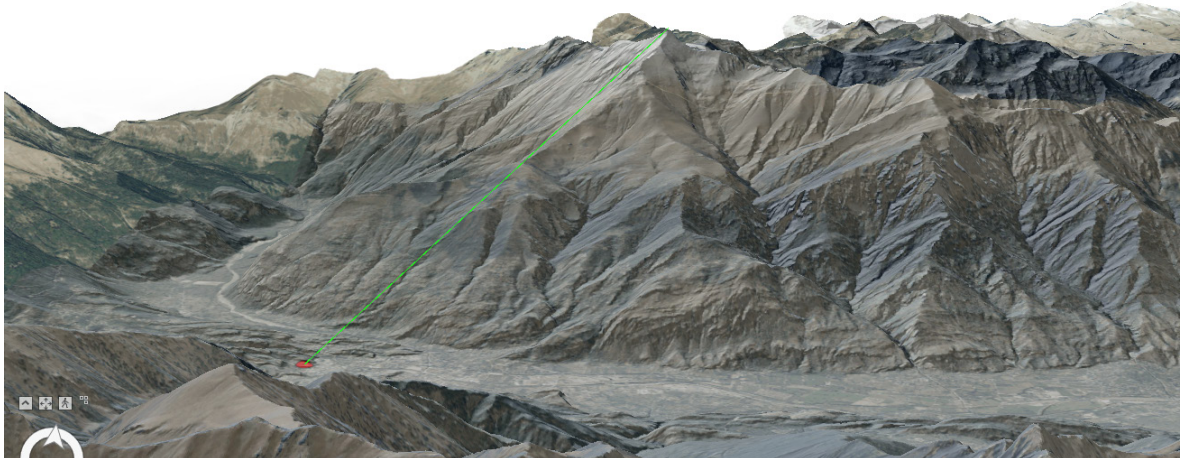
Segusio-Susa fu un *municipium* (Cimarosti 2009) di piccole dimensioni ma dai caratteri monumentali,

8.

8.
Inquadramento della cima del monte Rocciamelone nel fornice dell'arco romano votato nel 9/8 a.C. dalle popolazioni indigene in onore di Augusto dal punto di osservazione euritmico posto a 10,65 m dalla facciata.

9.
Asse visuale che collega gli occhi dell'osservatore posto di fronte all'ingresso del palazzo pretorio (519.2 m slm) con la cima del Monte Rocciamelone (3538 metri slm), attraversando il fornice dell'Arco di Augusto di Segusio-Susa. (elaborazione grafica su modello del terreno della Regione Piemonte, Laboratorio di Geomatica per i beni culturali, Politecnico di Torino, A. Spanò, 2023)

fondato all'imbocco delle vie per il Moncenisio e il Monginevro nel 13/12 a.C., promosso a capoluogo della provincia prefettizia delle Alpi Cozie al di là del confine amministrativo che separava l'Italia delle XI Regioni di Augusto dalle Gallie (Barello 2014; Giorcelli 2019).
A Susa, la progettazione della città dovette confrontarsi con una complessa situazione morfologica, caratterizzata da emergenze rocciose irregolari e dall'incombenza delle montagne. L'impianto urbano venne impostato su almeno due assi, i cui elementi generatori vanno riconosciuti nell'arco di Augusto posto presso l'altura del castello (20°70' NE/SW), e nella piazza del foro ubicata nella pianura inferiore (9°70 NE/SW).
L'arco di Augusto (9/8 a.C.) fu progettato con un fornice inquadrato da semicolonne corinzie rispettando pienamente i principi di *ordinatio*, *symmetria* ed *eurythmia* teorizzati da Vitruvio che qui si esprimono tramite delle proporzioni ternarie (*ratio* 1:3 tra dado di base e attico, 2:3 tra larghezza e altezza del fornice, 2:3 tra larghezza dei piloni e quella del fornice).
L'orientamento del suo asse minore a 20°70' SE/NW è il risultato della ricerca di un effetto visuale



9.

10.

di notevole impatto: osservando infatti il fornice da sud, l'arco inquadra la vetta del Rocciamelone (3538 metri) in perfetta centralità, con la cima che tocca la chiave [figg. 8, 9]. A ciò si deve aggiungere che il punto di osservazione ideale coincide con la mezzeria della porta di accesso al palazzo; ne consegue che chi usciva dall'edificio e giunto a mezza via si voltava di 90 gradi per scendere verso il foro poteva cogliere l'effetto scenografico nella sua interezza. Nella parte alta della città fu dunque l'orientamento dell'arco (vincolato dal paesaggio) a determinare quello degli edifici circostanti ed in particolare dell'adiacente palazzo prefettizio.

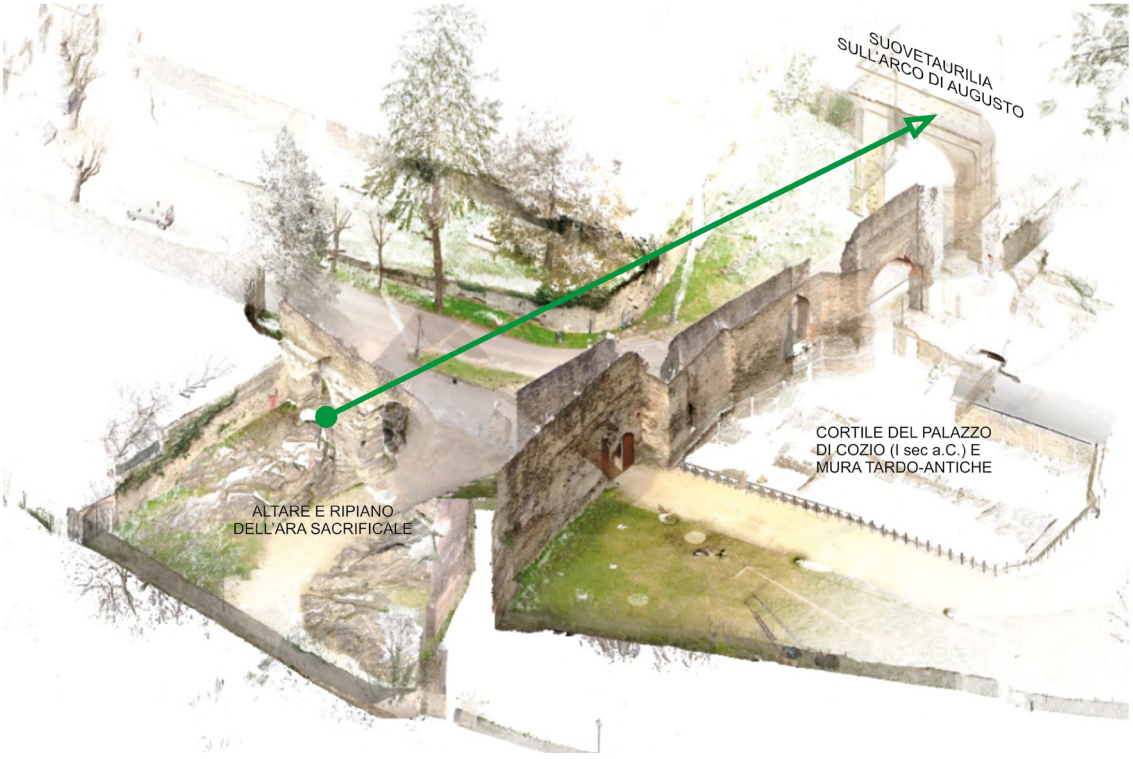
La progettazione di tale complesso monumentale avrebbe potuto costituire un problema di difficile soluzione senza una conoscenza della trigonometria, ma fu risolto dai progettisti con l'ausilio della geometria euclidea, probabilmente applicando il teorema della secante-tangente (Caranzano 2016).

Il caso di Susa trova un confronto nell'arco onorario di Donnas (AO), scavato nella roccia lungo il tracciato della via delle Gallie fatto risistemare da Augusto che conduceva ad Aosta. Anche qui l'arco risulta impostato su proporzioni ternarie (*ratio* fornice 2:3) e il fornice inquadra dalla mezzeria e in chiave di volta la cima del Becco di Nona (2085 metri) [fig. 10]. Una dimostrazione di una precisa volontà di veicolazione di messaggi politici nel particolare contingente storico della conquista delle Alpi (Zanker 2006).

Analizzando il foro di Susa romana vediamo che la

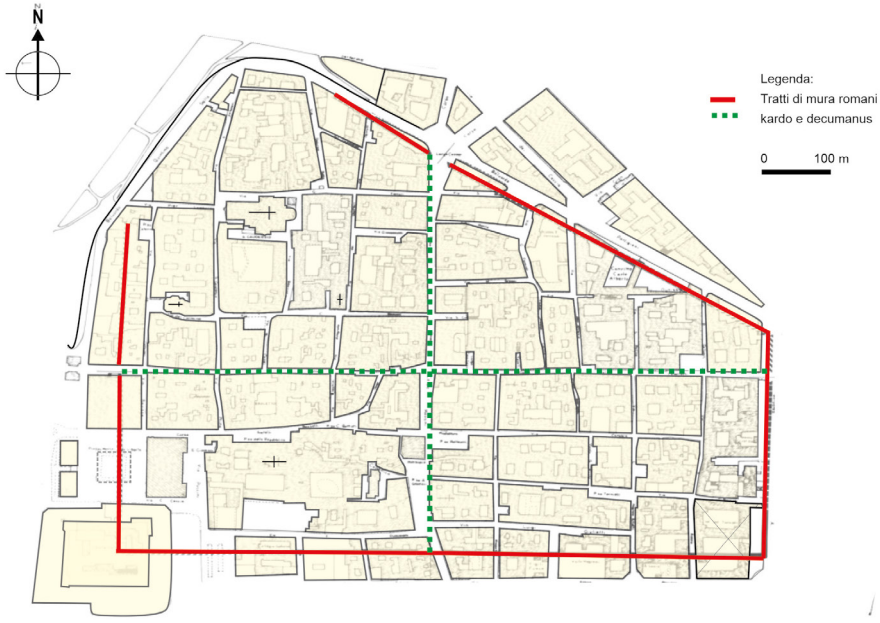
10.
L'arco onorario di Donnas (AO) inquadrante il Becco di Nona (2085 m) poco dopo la stazione di esazione della *Quadragesima Galliarum* a Carema. (foto di Sandro Caranzano)

11.
Rappresentazione del complesso dell'acropoli di Susa mediante nuvola di punti determinata con tecnica laser scanning, con in verde l'asse prossimo all'orizzontale che unisce il punto di vista di un osservatore in piedi sul ripiano dell'ara "celtica" e il fregio dei suovetaurilia con l'ara sull'Arco di Augusto (nuvola da A. D'Errico, 2020).

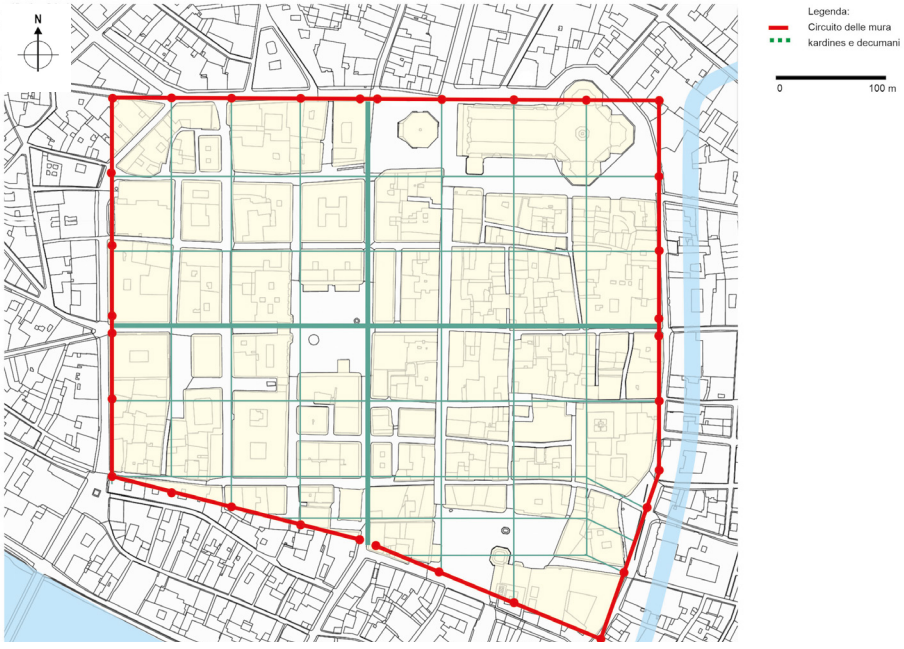


11.

grande piazza, incuneata tra il corso della Dora Riparia e il profilo delle montagne, venne progettata seguendo innanzitutto necessità pratiche, vale a dire quelle di garantire una corretta insolazione del tempio e dei portici affacciati sulla piazza in una regione montuosa caratterizzata da giornate molto brevi soprattutto in inverno (ragione per la quale si scelse una esposizione della facciata verso meridione). Si tratta della medesima scelta operata nel teatro romano di Torino (I sec d.C.), la cui frontescena fu esposta a sud, come suggerito per tali latitudini da Vitruvio (VI 1, 2). Le indagini archeometriche sull'acropoli di Susa hanno anche evidenziato l'importanza delle relazioni e orizzontali e verticali nella fase progettuale (De Maria 1988). Al vertice del colle, superato l'arco di Augusto di una settantina di metri, si trova un'ara sacrificale di tradizione protostorica chiamata popolarmente "ara druidica", caratterizzata da uno scalone monumentale scolpito nella roccia e affiancata da un pozzo/*mundus* (Caranzano 2016). Una misurazione puntuale con teodolite ha permesso di verificare la precisa corrispondenza altimetrica tra il fregio con il *suovetaurilia* scolpito sull'arco e il piano di calpestio dell'ara sacrificale posta al vertice della scala. Da qui,



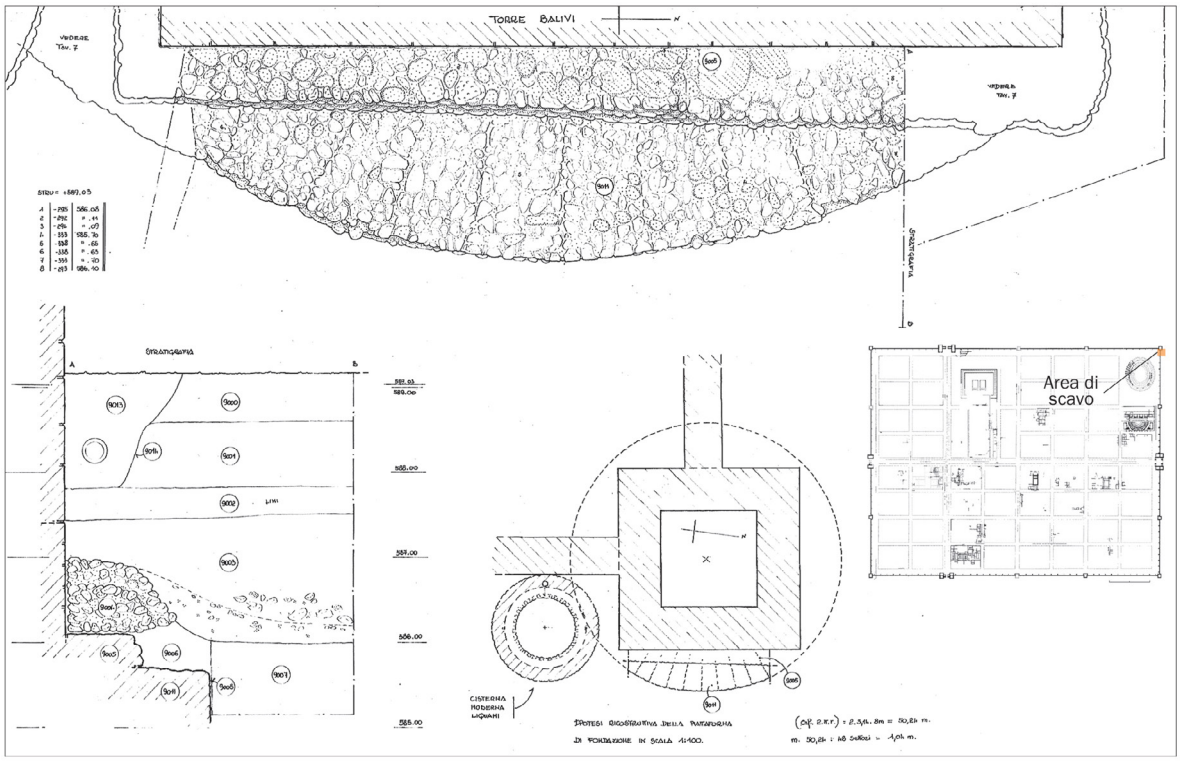
12.



13.

12. Planimetria di *Novaria*-Novara con indicazione degli assi del cardo e del decumano tracciati in direzione equinoziale e della cinta romana (in rosso). (elaborazione grafica di Sandro Caranzano)

13. Planimetria di *Florentia*-Firenze con indicazione degli assi del cardo e del decumano tracciati in direzione equinoziale con indicazione della cinta romana (in rosso). In azzurro il paleoalveo dell'Arno e del torrente Scheraggio-Terzolle. (elaborazione grafica di S. Caranzano)



14.

14.
Rilievo grafico e ipotetica ricostruzione planimetrica del dispositivo di fondazione della Torre dei Balivi ad Aosta (da Bertarione, Joris 2013, p. 26).

15.
Immagine in fase di scavo della risega di fondazione con conglomerato in malta e scaglie di travertino alla base della Torre dei Balivi di Aosta (da Bertarione, Joris 2013, p. 24).

ponendo lo sguardo in linea orizzontale, era dunque possibile vedere l'ara decorata a festoni che catalizza l'apparato figurativo dell'arco con una chiara corrispondenza semantica (ara/ara) [fig. 11].
Tutto ciò induce a inquadrare il complesso segusino nel contesto dei monumenti gallo-romani provinciali in cui romanità e tradizione indigena trovano una forma di coesistenza sincretistica (Bianchi et al. 2008).
Il caso di Susa può essere confrontato con quello del *municipium* augusteo di Novara fondato in un'area pianeggiante. Qui la scoperta di un tratto stradale di fronte alla chiesa del Carmine (Spagnolo Garzoli 2015) permette di computare l'orientamento del decumano massimo che fu tracciato da oriente ad occidente (orientamento equinoziale) [fig. 12]. Tale assetto, plausibilmente ottenuto con l'aiuto di uno gnomone, fa di Novara una città realizzata secondo il modello ritenuto "ottimo e razionale" da Frontino (*de lim.* L. 31). La scelta si accompagna a delle conseguenze pratiche: una città siffatta diverge dalla centuriazione tracciata assecondando l'andamento del Ticino (17° NW/SE) e la forma urbana deroga al modello ideale della "città quadrata" perché la cinta deve assecondare la scarpata di nordovest con andamento diagonale.
Il caso di Novara non è isolato e trova confronti a *Florentia*-Firenze (orientamento equinoziale e allineamento obliquo della cinta sull'Arno) e a *Ulpia Traiana-Xanten* (orientata con il solstizio invernale e con le mura oblique lungo il Reno) [fig. 13].

L'*ars gnomonica* e la sua attestazione archeologica. Conclusioni

I gromatici indicano come punto di partenza per qualunque riflessione sull'attività agrimensoria il *ferramentum*, vale a dire la groma, la cui etimologia viene fatta risalire allo gnomone.
Sembra dunque opportuno segnalare l'evidenza archeologica portata alla luce nel 2012 in occasione degli scavi presso la torre romana nord-orientale detta dei Balivi in *Augusta Praetoria* già interessata dal rilievo augurale con gli aratri e il Capricorno. Qui, al di sotto delle fondazioni, si è evidenziato un cilindro in calcestruzzo (spessore 50 cm) segnato da una serie di lievi incisioni radiali disposte sulla faccia superiore [figg. 14-15]. Quest'ultime definiscono 12 raggi disposti su

15.

un arco di 90° che furono tracciati a partire dal centro (Bertarione, Jovis 2013). Purtroppo, un'indagine più estesa è ostacolata dal fatto che, a brevissima distanza di tempo, la massiccia struttura romana della torre angolare venne appoggiata sul basamento circolare nascondendone alla vista una porzione significativa. La caratteristica omogenea delle malte nei due nuclei cementizi lascia intendere che la struttura cilindrica fu gettata poco prima dell'edificazione delle mura e delle torri. Se proviamo a ricomporre la figura raggiata estendendola su un arco di 360°, considerato che ogni setto copre uno spicchio di 7,5° (corrispondente a mezz'ora), ne risulta un disco raggiato a 48 settori.
Per tale struttura sembra possibile un confronto con il disco di andesite di età romano-dacica scoperto a *Sarmizegetusa Regia* (I sec a.C./I sec d.C.), caratterizzato dalla presenza di solo dieci setti ma con caratteri morfologici molto simili ed interpretato come meridiana equatoriale (Glodariu et al. 1996) [fig. 16].Le dimensioni ingenti del manufatto e la sua veloce obliterazione ne rendono plausibile un uso in qualità di analemma accoppiato ad uno gnomone del tipo indicato dai gromatici, il che ne farebbe un documento unico per la storia dell'architettura antica.Anche lo studio di *Augusta Taurinorum* conferma come ogni attività speculativa inerente alla forma urbana sia partita innanzitutto dall'applicazione dell'*ars* gnomonica sulla quale, non a caso, insistono gli autori antichi (Vitruvio IX). Tale scelta ben si spiega con la necessità di anteporre a qualunque attività di misurazione e tracciamento sul terreno un'esatta conoscenza della propria posizione nel tempo e nello spazio, attraverso lo studio delle ombre proiettate dallo gnomone per determinare la latitudine, le ore di insolazione (soprattutto laddove esistano ostacoli naturali che anticipano o ritardano il sorgere e il calare del Sole) e la propria posizione nel calendario astronomico (che nell'antichità non necessariamente coincideva con quello civile).
Se Aosta ha rappresentato il punto di partenza per una serie di riflessioni sui criteri di fondazione, lo studio analitico delle componenti aritmogeometriche e astronomiche dei centri romani del Piemonte mostra la capacità da parte degli architetti dell'antichità di attingere a un bagaglio culturale e scientifico molto vario, rispondendo a diverse esigenze e necessità con un grado di libertà e varietà che non sembra prestarsi a un'applicazione scientificamente ripetitiva e "prevedibile" nel senso moderno del termine, ma nella quale si riscontra l'interesse a risolvere le necessità pratiche contingenti e al contempo ad armonizzare la forma *urbis* con il paesaggio il cosmo attraverso la scienza.
Percorso da molteplici correnti filosofiche e scuole scientifiche in perenne dialogo tra loro, permeato dalla logica delle sillogi aristoteliche, dalla geometria euclidea e dalla numerologia pitagorica, il mondo antico non conobbe infatti il pensiero cartesiano, l'illuminismo e la scienza galileiana. Per tale motivo la scelta di una soluzione rispetto ad un'altra veniva presumibilmente effettuata sulla base dell'intreccio di diversi fattori di carattere politico, tecnologico, augurale, storico che si combinano in vario modo dando luogo a esiti diversi, di caso in caso.

16.
Meridiana in andesite di età daco-romana (1 sec a.C., I sec d.C.) presso il santuario federale di *Sarmizegetusa Regia* nel distretto di *Orăștie*.
(foto di Mariateresa Crosta)

Note

1. Hyg. *Grom. Const. Lim. L. 170-15: Quidam in totum converterunt, et fecerunt decimanum in meridianum et kardinem in orientem, sicut in agro Campano qui est circa Capuam.*
2. Vitr. *De arch.* I, 10: "Ma bisogna anche conoscere la disciplina medica per gli aspetti del cielo che i Greci chiamano *κλίματα*, e per la salubrità o meno dell'aria e dei luoghi, e per l'uso delle acque; senza questi calcoli non può darsi un'abitazione salubre".
3. Scrive infatti Frontino: "È ottima e razionale dunque la costituzione di campi i cui decumani sono condotti da est a ovest e i cardini da sud a nord. Molti seguendo il mutabile levarsi e il calare del Sole variarono questo principio. Così è stato fatto in modo che i decumani fossero rivolti dalla parte in cui il Sole, nel momento in cui la misurazione fu effettuata, sorgeva" (L. 31.1).
4. In particolare: i) la rifrazione atmosferica, un dato molto incerto, poiché non esiste una funzione analitica che leghi le altezze con i parametri atmosferici; ii) l'errore umano nella rilevazione del bordo solare che è circa 3 minuti d'arco (l'occhio umano può percepire ad occhio nudo una distanza di circa un minuto d'arco); iii) differenti profili di elevazione della collina alteranti l'orizzonte astronomico (ad esempio una differente popolazione arborea) e la presenza di picchi lungo la linea visuale; iv) l'incertezza della posizione del gromatico lungo il decumano; v) eventuali errori parallattici.
5. È da notare che il Sole Vero fornisce una certa variabilità, sebbene ciclica, degli anni associati alla data presunta per la fondazione della città, mentre il giorno può essere dedotto anche con la mera applicazione del cosiddetto Sole medio. Quest'ultimo caso richiede, tuttavia, la necessaria considerazione dell'equazione del tempo.
6. È plausibile che la disciplina augurale considerasse fausta la fondazione di una città in coincidenza con il periodo solstiziale invernale e i mesi che seguono, quando il Sole, giunto a percorrere il corso più basso, inizia ad ampliare il suo arco, le giornate iniziano ad allungarsi e ci si prepara al risveglio della natura (piuttosto che nel periodo autunnale, quando le giornate tendono sempre più ad accorciarsi). In ogni caso, siccome la conoscenza della disciplina etrusco-romana è in gran parte perduta, ci si è appoggiati ai casi noti.

Bibliografia

Aveni A., Romano G. (1994). Orientation and Etruscan Ritual. In *Antiquity,* n. 68 pp. 545-563.

Bandinelli R.B. (1984). *Roma. L'arte romana nel centro del potere*. Milano: BUR.

Bendinelli G. (1929). *Torino romana*. Torino-Milano-Firenze- Roma-Napoli-Palermo: G.B. Paravia & C.

Barbone N. (2012). Augusto e i suoi astri. In Bianchi E. Negri G., Valvo A. (a cura di). *Augusto in occasione del XX centenario della morte*, pp. 89-91. Torino: Giappichelli Editore.

Barello F. (2014). Susa augustea. In *L'arco di Susa e i monumenti della propaganda imperiale in età augustea*, Atti del Convegno, Susa, 12 aprile 2014. Susa: Segusium n. 52.

Bertarione S.V., Joris C. (2013). Indagini archeologiche alla torre dei Balivi. Si svela la *sanctitas murorum* di Augusta Praetoria. In *Bollettino Soprintendenza della Valle d'Aosta*, n. 9, 2012-2013, pp. 22-31.

Bertarione S.V., Magli G. (2015). Augustus' power from the Stars and the Foundation of *Augusta Praetoria* Salassorum. In *Cambridge Archaeological Journal*, n. 25-1, febbraio 2015, pp. 1-15.

Bianchi E. et al. (2008). Augusto e l'utilizzazione carismatica delle tradizioni religiose. Una contestualizzazione frammentaria. In Bianchi E. Negri G., Valvo A. (a cura di). *Augusto in occasione del XX centenario della morte*, pp. 6-53. Torino: Giappichelli Editore.

Brecciaroli Taborelli L., Gabucci A. (2006). Le mura e il teatro di Augusta Taurinorum: sequenze stratigrafiche e dati cronologici. In *Forme e tempi dell'urbanizzazione in Cisalpina (II secolo-I secolo d.C.)*, Atti delle giornate di studio, Torino, 4-6 maggio 2006, pp. 252-256. Sesto Fiorentino: All'insegna del Giglio.

Bretagnon P., Simon J.L (1986). *Planetary Programs and Tables from –4000 to +2800*. Richmond: Willmann-Bell.

Caranzano S. (2016). *Eurythmia e symmetria*. Susa, l'arco, il palazzo, il Rocciamelone. Altimetrie e relazioni semantiche. In *Segusium*, n. 54, pp. 13-46.

Caranzano S. (2019). L'area archeologica di Susa. Architettura, urbanistica e segni visuali nella propaganda augustea. In *Atti della Rassegna Tecnica della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino*, n. 73-1, pp. 9-16.

Caranzano S., Crosta M. (2019). Fondazione astronomica ex sole di Augusta Taurinorum (Torino). Archeologia, astronomia e astrologia e la fonte della città romane. In *Giornale di Astronomia*, n. 3, pp. 20-21.

Caranzano S., Crosta M. (2022). The date of foundation of *Augusta Taurinorum* (Torino) by cross-checking astronomy, archaeology and gromatics. In *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, n. 22. pp. 189-207.

Cimarosti E. (2009). Aggiornamenti epigrafici alla "Carta Archeologica della Valle di Susa". In *Rivista di Studi Liguri*, n. LXXII-LXIII, pp. 91-140.

Crosta M., Caranzano S. (2020). La data di fondazione di *Augusta Taurinorum*. In *Rapporti tecnici INAF*, n. 20. <https://openaccess.inaf.it/handle/20.500.12386/24085> (consultato il 30 aprile 2023).

D'Errico A. (2020). *Tecniche laser-scanning e metodo fotogrammetrico per una lettura dei caratteri costruttivi del patrimonio storico antico. Il caso di Susa.* Tesi di laurea magistrale in Architettura per il progetto sostenibile. Relatori A. Spanò, C. Tocci, Politecnico di Torino 2020.

De Jong J.J. (1987). Greek mathematics. Hellenistic architecture and Vitruvius' De Architectura. In *Manus non Ingratum. Proceedings of the International Symposium on Vitruvius' De architectura and the Hellenistic and Roman Architecture.* Leiden 20-30 gennaio 1987, pp. 109-113. Leida: H. Geertman & J.J. de Jong.

De Maria S. (1988). *Gli archi onorari di Roma e dell'Italia*

romana. Roma: L'Erma di Bretschneider.

Dilke O.A.W. (1988). The *Mensores* and the Roman Planning in the Aosta Valley. In *La Valle d'Aosta è l'arco alpino nella politica del mondo antico*. Atti del Convegno Internazionale di Studi. Saint Vincent 25-26 aprile 1987, pp. 90-99. Aosta: Industrie Grafiche Musumeci.

Dioxiadis C.A. (1972). *Architectural space in ancient Greece*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.

Euclide (2007). Elementi. In Acerbi F. (a cura di). *Euclide tutte le opere*. Torino: Bompiani.

Feraco F. (2015). La dimensione pitagorica dell'aggettivo quadratus in Varrone. In *Latomus*, n. 74-2, pp. 365-385.

Giorcelli S. (2019). *L'impero in quota. I romani e le Alpi.* Torino: Einaudi.

González-García A. César, Magli G. (2015). Roman City Planning and Spatial Organization. In Ruggles, C. (a cura di). *Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy*, pp. 1643-1650. New York: Springer.

Gorgola D.J. (1995). *Lands, Laws, & Gods. Magistrates & Ceremony in the Regulation of Public Lands in Republican Rome*. Chapel Hill & Londra: The University of North Carolina Press.

Glodariu I., Rusu-Pescaru A., Ieroslavschi E., Stanescu F. (1996). *Sarmizegetusa Regia. Capitala Daciei Preromane*, pp. 243-269. Deva: Acta Musei Devensis.

Gottarelli A. (2010) Templum solare e culti di fondazione. Marzabotto, Roma, Este: appunti per una aritmogeometria del rito (IV). In *Quaderni della Scuola di Specializzazione in Beni Archeologici*, 18. Bologna: Alma Mater Studiorum Università di Bologna.

Grandazzi A. (1993). La Roma Quadrata: mythe ou réalité? In *Mélanges de l'École française de Rome. Antiquité*, n. 105-2, pp. 493-545.

Incerti E. (2010). *L'architettura e il cosmo nelle fonti. Territorio, città, architetture, strumenti*. Atti dell'VIII Convegno Nazionale della Società Italiana di Archeoastronomia (SIA), Ferrara 17-18 Ottobre 2008, pp. 17-33. Ferrara: Università degli Studi di Ferrara. Dipartimento di Architettura.

La Rocca E. (2017). Augusto, il segno zodiacale del capricorno e la decorazione frontonale di un'edicola dell'area del Teatro di Marcello. In *Augusto. La costruzione del principato, convegno, Roma 4-5 dicembre 2014*, pp. 107-163). Roma: Accademia Nazionale dei Lincei.

Laskar J. (1986). Secular terms of classical planetary theories using the results of general theory. In *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 157-1.

Lattanzi M.G., Pannunzio R. (2006). Fondamenti di Astronomia della Via Lattea. In *Dispense del corso di Laurea Magistrale in Astrofisica e Fisica Cosmica*. Rapporto tecnico OATo, n. 78. <http://www.oato.inaf.it/biblioteca/pdf/TechRep078_Lattanzi.pdf> (consultato il 30 aprile 2023).

Libertini G. (2018). *Gromatici Veteres ex recensione Caroli Lachmanni (Corpus Agrimensorvm Romanorvm)*. Traduzione in italiano con commenti, figure, schemi e illustrazioni a cura di Giacinto Libertini. Frattamaggiore: Istituto di Studi Atellani.

Maganzani L. (2004). Roma antica e l'ideale di città (con qualche esempio della storia coloniale repubblicana). In *Teoria e storia del diritto privato*, n. 8. http://hdl.handle.net/10807/68974 (consultato il 1 settembre 2023).

Magli G. (2008). On the orientation of Roman towns in Italy. In *Oxford Journal of Archaeology,* n. 27 (1), pp. 63–71.

Mastrocinque A. (1998). Roma quadrata. In *Mélanges de l'École française de Rome. Antiquité*, n. 110-2, pp. 681-697.

Mastrocinque A. (2000). Romolo alla luce delle nuove scoperte. In Carandini A., Cappelli R. (a cura di). *Romolo, Remo e la fondazione della città*, pp. 31-37. Milano: Electa.

Meus J. (1999). *Astronomical algorithms*. Richmond: Willman-Bell.

Migliario E. (2014). A proposito di penetrazione romana e controllo territoriale nel Piemonte orientale: qualche considerazione. In *Polymnia*, n. 3, pp. 343-358.

Nissen H. (1869). *Das Templum. Antiquarische Untersuchungen von Heirisch Nissen mit astronomischen Hülfstafelnb von B. Tiele und vier Plänen*. Berlino: Weidmannsche Buchhandlung.

Pagliano A. (2022). *Le ore del sole. Geometria e astronomia negli antichi orologi solari romani*. Roma: Paparo edizioni.

Rossini O. (2006). *Ara Pacis*. Milano: Electa

Russo L. (2013). *La rivoluzione dimenticata*. Milano: Feltrinelli.

Sassatelli G. (2005). Culti, forma urbana e artigianato Marzabotto. Nuove prospettive di ricerca. In Sassatelli G., Govi E. (a cura di). *Atti del Convegno di Studi Bologna, San Giovanni in Monte 3-4 giugno 2003*. Bologna: Ante Quem soc. coop., pp. 9-62.

Severino N. (2011). *Storia della gnomonica*. Roccasecca: Nuova Ristampa.

Sommella P. (2018). Città romane della Cisalpina. Esempi di integrazione culturale. In *Atti della Accademia Nazionale dei Lincei, Memorie della Classe di Scienze Morali Storiche e Filologiche*, serie IX, volume XXXVIII, fascicolo 2, pp. 247-280. Bari: Bardi Edizioni. Editore commerciale.

Spagnolo Garzoli G. (2015) Novara, via dei Cattaneo-via del Carmine. Resti di basolati stradali romani. In *Quaderni della Soprintendenza Archeologica del Piemonte*,n. 30, pp. 356-358.

Svetonio Tranquillo G. (2023). *Le vite dei Cesari*. Trad. F. Orpianesi. Milano: Rusconi

Torelli M. (1988). Urbanistica e architettura nel Piemonte romano. In Mercando L. (a cura di). *Archeologia in Piemonte. L'età romana*. Torino: Allemandi.

Valeton I.M.J. (1892). De Templis Romanis. In *Mnemosyne. A Journal of Classical Studies*, n. 20, pp. 338-390.

Vitruvio Pollione M. (1997). *De Architectura*. A cura di P. Gross; trad. A. Corso, E. Romano. Milano: Einaudi

Wesenberg B. (1987). Griechisches und Römisches in der vitruvianischen Architektur: ein Betrag zur Quellenfrage. In: Geertman H. (a cura di). *Munus non ingratum: proceedings of the International Symposium on Vitruvius' De Architectura and the Hellenistic and Republican Architecture*, Leiden 20 – 23 January 1987, pp. 76-84. Leida,

Bulletin Antieke Beschaving, suppl. 2.

Whitby M. (1989). *Chronicon Paschale 284-628*. Liverpool: Liverpool University Press.

Zanker P. (2000). Immagini come vincolo: il simbolismo politico augusteo nella sfera privata. In Carandini (a cura di). *Roma, Romolo, Remo e la fondazione della città, catalogo mostra,* Roma, 28 giugno-29 settembre 2006, pp. 84-91. Milano: Mondadori Electa.

Zanker P. (2006). *Augusto e il potere delle immagini*. Torino: Bollati Boringhieri.

Novilunio di marzo e primo giorno del calendario arcaico dal santuario di Diana, *Capua* antica (foto dell'autrice).

Il Cielo della Campania antica: le Pleiadi e il loro ruolo nell'urbanizzazione, riti agrari e calendari

Abstract

Il presente contributo indaga l'importanza della volta celeste per gli abitanti dell'antica Campania, così come espresso nelle forme dell'urbanizzazione regolare e pianificata, dei riti agricoli e dei calendari. Lo studio indaga statisticamente il disegno urbano di 14 città, riflettendo sulla scelta delle specifiche direzioni della griglia stradale rispetto ai punti cardinali. Risulta che molte città campane guardano alla levata del sole al sorgere eliaco delle Pleiadi. La loro ricorrenza nelle fonti letterarie e archeologiche potrebbe essere riferibile alla scansione calendariale del tempo e dei culti, espressione del ciclo della fertilità dei campi e delle stesse comunità.

The present contribution questions the importance of the sky in the world vison of the inhabitants of ancient Campania, as expressed in the development of a regular urbanisation, agricultural rites, and calendars. The case study comprehends 14 towns, analysing the orientation choice of their urban grids in respect to the cardinal directions. As a result, most of the towns looked at the rising sun at the time of the Pleiades heliacal rising, around May. In Campania, the asterism is recurrent in archaeological and literary sources, and may be interpreted within calendric and ritual time reckoning necessities, as an expression of agrarian and communities' fertility.

Parole chiave

Campania
Urbanizzazione
Paesaggi Celesti
Orientamenti
Calendari

Ilaria Cristofaro
Lab. Capys, Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli"
→ ilaria.cristofaro@unicampania.it

Introduzione

Nella sua opera pseudo-enciclopedica dei *Depnosofisti*, o *I dotti a banchetto*, Ateneo di Naucrati, nel II sec. d.C. ricordava la presenza nell'antica *Capua*, nel santuario dedicato a Diana, di una coppa dalle fattezze mitiche: la coppa di Nestore, eroe dell'*Iliade*, di cui già Omero ne descriveva la grandiosità e bellezza, e in cui il vino era mesciato con orzo e formaggio (Om. *Il.* XI, 632-637; Ath. *Depn.* XI, 466d-e; 489b). Sulla mitica coppa, descritta come rappresentazione del *kosmos* secondo l'interpretazione di Ascelpiade di Mirlea (II-I sec. a.C.), vengono identificate sei *peleiades*, letteralmente colombe, che decoravano la volta argentata con borchie dorate. Inoltre, secondo Omero, le *peleiades* sono le trasportatrici dell'ambrosia per Zeus infante (Om. *Od.* XII, 62-65). In questa tradizione esegetica, le *peleiades* omeriche, portatrici del nettare dell'immortalità, sono identificate con le stelle delle Pleiadi a partire da Moiro di Bisanzio (fine del IV-inizi III a.C.): da quel momento, le colombe omeriche e le stelle dell'asterismo diventano quindi equivalenti (Ath. *Depn*. XI, 490e ss.), sebbene la diretta osservazione di questo asterismo nel cielo possa essere riportata ancor più indietro nel tempo, almeno all'epoca di Esiodo (VIII sec. a.C.). Ateneo motiva questa decorazione astrale creando un nesso tra il contenuto della coppa, ovvero il ciceóne, bevanda composita contenente anche cereali, e il ruolo delle Pleiadi come marcatrici dei ritimi della mietitura ed aratura (Ath. *Depn*. XI, 490b, 492d). Questa storia ci riporta ad una realtà, quella della Campania antica, già ambientazione delle vicende mitiche della Gigantomachia e del viaggio di Odisseo: questa realtà sarà indagata per portare alla luce l'importanza dell'osservazione del cielo per i suoi antichi abitanti, architetti, agrimensori e agricoltori, nello specifico indagando il ruolo delle Pleiadi nella scansione dello spazio e del tempo.

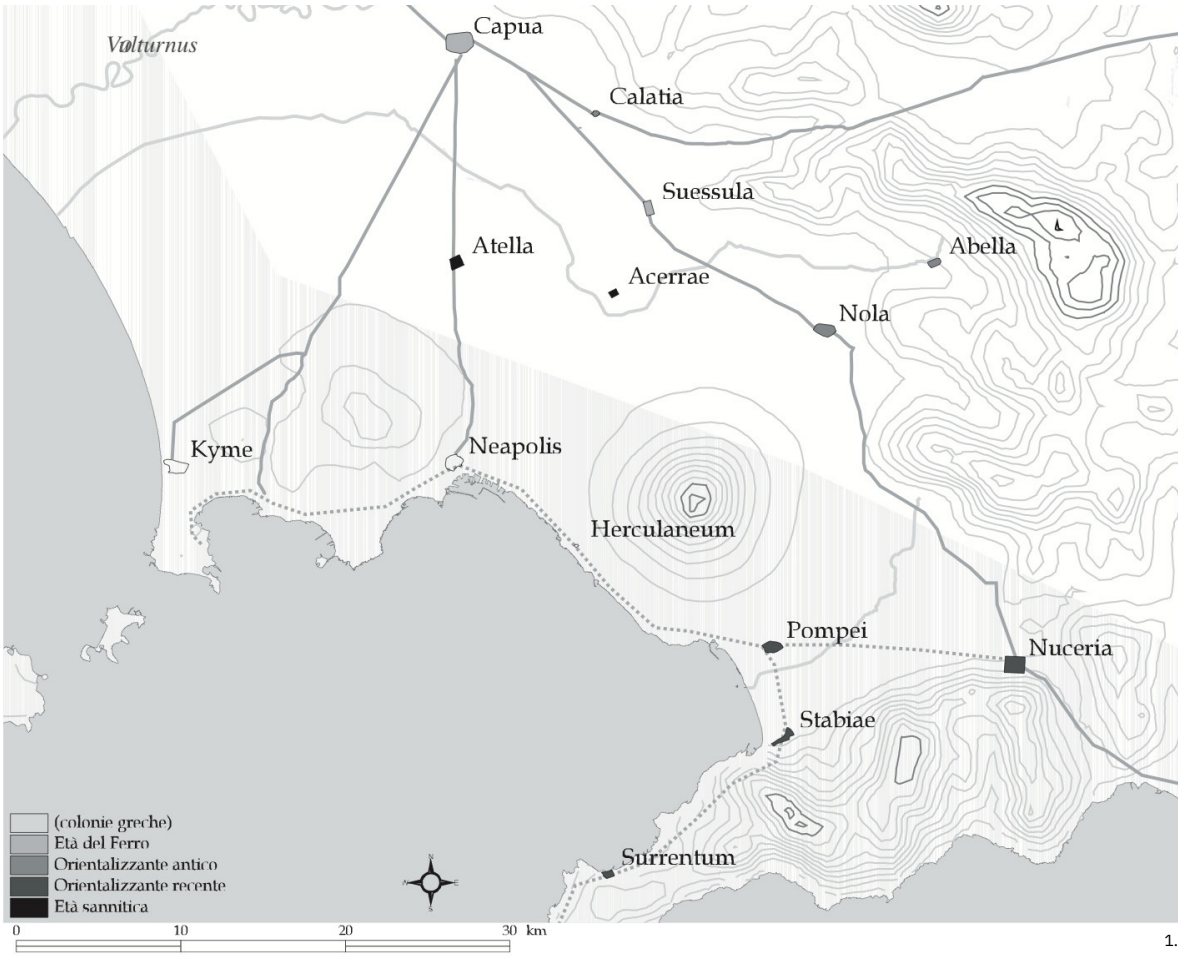
Il tramite metodologico per indagare l'astronomia antica parte dalla lettura archeologico-topografica dell'orientamento delle planimetrie delle città. Infatti, esiste una lunga e prolifica tradizione di studi focalizzata sul tema della forma urbana come riflesso del cosmo e della volta celeste (Nissen 1869; Lynch 1960; Caliò 2020). Inoltre, il sorgere del sole all'orizzonte era un indicatore pratico, per la sua regolarità e predicibilità, con l'est "eliaco" che mutava a seconda della stagione, l'astro era traguardato come riferimento per tracciare le linee della divisione territoriale (Prosdocimi 2009). Il disegno della città è quindi indagato come prosecuzione del paesaggio, sia terrestre che celeste, ed interpretato nel più ampio contesto socio-antropologico della Campania antica, e moderna. Infatti, il moto dei corpi celesti, non solo definiva spazialmente le direzioni nel paesaggio urbano e agricolo, ma scandiva anche il tempo, organizzato in calendari locali e festività. Per questi motivi, l'osservazione del cielo era elemento fondamentale della vita quotidiana, ma la sua importanza è fortemente trascurata nello studio del mondo antico.

Il contributo inizia introducendo l'urbanizzazione dell'area, a partire all'VIII sec. a.C. con il consolidarsi della componente etrusca e greca, e la successiva formazione dell'*ethnos* dei Campani, fino alla romanizzazione intorno al III sec. a.C.. Tale è l'orizzonte cronologico di questa ricerca, ovvero dall'VIII al III cent. a.C.. L'area geografica di studio della Campania antica, così come definita dalla storiografia tardo imperiale (Diod. XII, 31 1; Liv. IV, 37 2), è più ristretta dell'attuale regione, e si estendeva dal fiume *Vulturnus* alla penisola Sorrentina [fig. 1]. Successivamente, si tratterà dei dettagli della metodologia, introducendo l'acquisizione dei dati di orientamento e dell'analisi statistica del campione del caso studio comprendente 14 insediamenti. Infine, si proporrà una possibile interpretazione del dato archeoastronomico comprendendo le evidenze calendariali e i culti agricoli locali legate alle Pleiadi, all'interno delle attività socioeconomiche trainanti, come il forte sviluppo dell'agricoltura cerealicola dell'area.

Contesto. Breve storia dell'urbanizzazione in Campania

A partire dall'Età del Ferro (IX sec. a.C.) un nuovo modello insediativo si sviluppa progressivamente nella penisola italica con i centri proto-urbani ed è caratterizzata dalla presenza di villaggi sparsi. In particolare, nella proto-urbanizzazione della Campania antica, si distinguono l'ambito villanoviano a Capua e Pontecagnano, e la *facies* Fossakultur a Cuma, Pompei e Nola, così come si evince dai corredi e dalle scelte funerarie (Cerchiai 2019, p. 11). In un graduale processo sinecistico, la spinta urbana porta all'aggregarsi della struttura dispersiva dei villaggi verso un unico centro abitato. Intorno alla fine dell'Età del Ferro si attesta un sistema territoriale stabile, e nel periodo Orientalizzante (VII sec. a.C.), il modello della città è consolidato come testimoniato da diverse realtà locali. Per esempio, tra VII e VI sec. a.C. è fissata la fondazione di *Pompei*, convogliando numerosi insediamenti della Valle del Sarno che vengono così gradualmente abbandonati. Città stato autonome sono presenti nelle zone più sviluppate della penisola, nella Valle del Po, in Etruria, Lazio e Campania, così come in Magna Grecia e Sicilia (Cerchiai 2019, p. 12). Il processo di urbanizzazione include la definizione di spazi dal carattere pubblico e monumentale, con la realizzazione di grandi santuari che convogliano maestranze locali e allogene, e la diffusione di modelli architettonici e decorativi condivisi.

Nel periodo Arcaico (fine del VII-inizio del V sec. a.C.) le nuove fondazioni urbane si sistemano su reticoli regolari con assi spesso ortogonali. Alla fine



1.

1.
L'area di studio dell'antica Campania comprendente le 14 città indagate (Rescigno & Senatore 2009).

del VI-inizio del V sec. a.C. la fondazione di *Neapolis* (525-500 a.C.) segna un importante punto di svolta nella storia urbana della Campania. Infatti, l'impianto è organizzato razionalmente secondo precise regole geometriche e razionali (Longo & Tauro 2017). Durante il periodo Classico (inizio del V-IV sec. a.C.) l'evidenza archeologica subisce un drastico vuoto documentale, anche a seguito delle battaglie di *Cumae* (524 a.C., 474 a.C.) che vede sul campo gli Etruschi contro i Greci, con quest'ultimi usciti vincitori ma politicamente indeboliti dagli scontri. In questo varco, il popolo parlante lingua Osca prende presto il controllo di molte città della Campania, a partire dalla stessa *Capua* dove si assiste alla graduale etno-genesi dei Campani, fissata dalle fonti al 438 a.C. (Diod. XII, 31.1; Liv. IV, 37.2). Cuma è città Campana a partire dal 421 a.C., mentre *Neapolis* resterà di istituzioni greche, seppur accogliendo al suo interno demarchi Oschi, si terrà neutrale dallo sconvolgimento politico in atto nella piana Campana. Fu proprio *Neapolis* a coniare per i Campani, e per molte città della Campania, delle emissioni monetali con l'ethnos "Kampanos", in un sistema monetario ed economico unitario (dal 420 a.C. al 380 a.C.), basato sul mercenariato e sulla coltivazione ed esportazione dei cereali. La coniazione dei primi didrammi d'argento era rivolta proprio allo scambio con l'Attica e Atene, dove il surplus di grano veniva inviato. Di questa attività economica ne è testimonianza la scelta istituzionale attuata sull'iconografia della moneta Campana, che conserva il chicco di cereale come unico simbolo per il suo conio, semenza con la quale la comunità evidentemente si identificava (Cantilena 2009, p. 210).

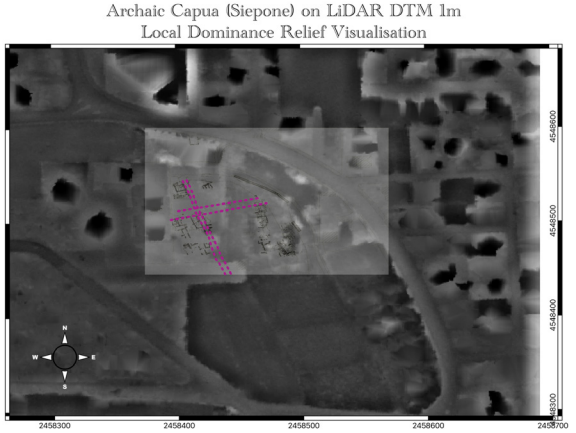
Infatti, il processo di urbanizzazione pianificata della Campania antica non coinvolse solo gli insediamenti ma anche le campagne. Evidenze archeologiche di una regolamentazione ordinata del territorio sono state messe in luce nel territorio di *Acerrae, Suessula, Capua* e a Pontecagnano (De Caro 2002, p. 136). Queste evidenze sono inquadrabili come opere di bonifica, fossati, canali di scolo, e regimentazione delle acque. Secondo l'analisi di Luca Cerchiai, l'organizzazione delle campagne è un "portato diretto del processo di urbanizzazione", a seguito del crescente fabbisogno alimentare (Cerchiai 2019, p. 12). Inoltre, Stefano De Caro ha enfatizzato l'esistenza di una "logica estensiva verosimilmente cerealicola", con "modelli di produzione e ridistribuzione centralizzati" (De Caro 2002, p. 136). Dal V sec. a.C. *Neapolis* assunse proprio questa funzione, e all'esportazione cerealicola si alternavano le importazioni di

vasellame attico di lusso. Le fonti antiche spesso ricordano l'*eutarkia* campana e le favorevoli condizioni ambientali che incrementavano la produzione agricola locale (Minoja 2012, pp. 466-467). Secondo alcuni studiosi le evidenze, seppur frammentarie, di un paesaggio agrario preromano organizzato sono inquadrabili cronologicamente già a partire dall'ultimo quarto del VI sec. a.C.. Nella prima parte del II sec. a.C. l'*ager campanus* venne riorganizzato nel processo di romanizzazione dell'area con una centuriazione orientata secondo i punti cardinali, di cui le tracce sono ancora visibili in persistenze e tracciati stradali (Monaco & Clavel-Lévêque 2004). L'importanza della campagna, come estensione della vita urbana, sarà fondamentale per le argomentazioni che seguiranno sul ruolo del cielo della Campania antica.

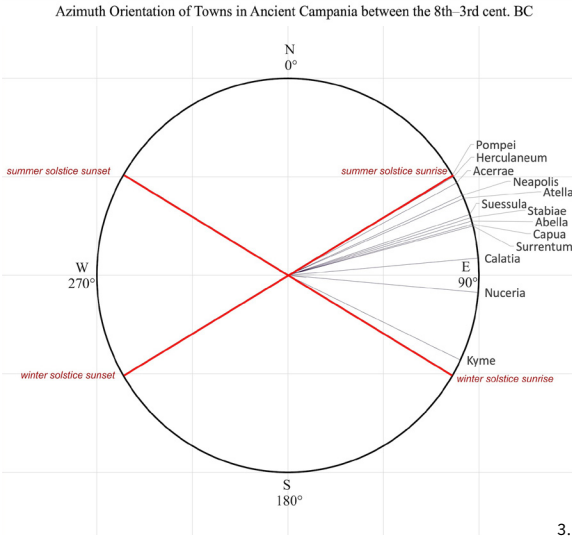
Orientamenti topografici e astronomici

L'indagine ha considerato il posizionamento topografico di alcune città rispetto al territorio e alla volta celeste. Infatti, spesso la scelta della direzione in un insediamento urbano pianificato non era casuale, ma dettata da precisi ragionamenti, che fossero funzionali o rituali. Quindi, il dato dell'orientamento urbano materializzato riflette tali scelte ed è espressione di una specifica modalità di pianificare lo spazio da abitare (Rosada 1991, p. 90). Ed è proprio nel passaggio dalla proto-urbanizzazione all'urbanizzazione, che si può leggere la graduale transizione da un mondo indistinto e continuo a un mondo diviso razionalmente: nello spazio, con la pianificazione topografica, e nel tempo, con i calendari (Lombardi Satriani 1984, p. 177). Secondo Luigi M. Lombardi Satriani, fissare riferimenti nello spazio e nel tempo è una condizione necessaria per l'uomo per vivere nel mondo (Lombardi Satriani 1984, pp. 178-179). A ciò si può aggiungere che il mondo è già organizzato intrinsecamente secondo dei motivi ricorrenti, *in primis*, il moto ordinato e periodico del cielo. Il moto degli astri, infatti, è l'unico elemento della natura che è regolare e prevedibile, ciclicamente ricorrente e perennemente stabile nel suo mutare della luce del giorno e delle stagioni, a differenza del mondo terrestre, vegetale e animale, marino, e metereologico soggetto a imprevedibili mutamenti. Il fattore celeste fornisce quindi fondamentali punti di riferimento per comprendere appieno il pensiero antico e le sue espressioni materiali, come quel complesso sistema socioculturale che è la città.

Il campione di 14 città dell'antica Campania è stato precedentemente indagato da Carlo Rescigno e Felice Senatore, studio preliminare su cui si fonda questa ricerca, che ha ampliato lo sguardo con i metodi propri dell'archeoastronomia o archeologia del paesaggio celeste (Rescigno & Senatore 2009). Le città indagate sono *Capua, Calatia, Suessula, Acerrae, Atella, Abella, Nola, Kyme, Neapolis, Herculaneum, Pompei, Nuceria, Stabiae* e *Surrentum* [fig. 1]. Sebbene il campione sia eterogeneo, sia per quanto riguarda l'etnicità della fondazione che l'attendibilità delle stesse emergenze archeologiche, la regione presenta un'uniformità di orientamento (Rescigno & Senatore 2009, p. 426). Le città indagate sono regolari, ovvero presentano una griglia spesso ortogonale o che devia leggermente dall' ortogonalità [fig. 2]. Per questo, si è potuto estrapolare il dato dell'orientamento della griglia urbana, semplificabile geometricamente in due assi topograficamente orientati. La griglia urbana è espressa in 4 valori di azimut ortogonali, calcolati come angoli in senso orario dal nord geografico, ogni valore corrispondente al quadrante est, sud, ovest e nord[1]. Per semplicità si è confrontato solo il valore dell'azimut dell'est eliaco (azimut compreso tra 45° e 135°) [fig. 3], essendo il levante la direzione preferita dalle fonti per l'organizzazione territoriale (Prosdocimi 2009, p. 725). Infatti, secondo Hyginus Gromaticus, "[p]osita auspicaliter groma, ipso forte conditore praesente, proximum vero ortum comprehenderunt, et in utramque partem limites emiserunt", ovvero "[p]osizionata la groma secondo gli auspici, forse alla presenza dello stesso fondatore, registrarono il successivo sorgere



2.



3.

2. Abitato arcaico del Siepone dell'antica Capua con cartografia georeferenziata (Sampaolo 2008, 475), sovrapposta a un modello di elevazione digitale LiDAR DSM 1m con visualizzazione *Dominance Relief* (elaborazione grafica dell'autrice).

3. Diagramma polare dell'orientamento delle città in Campania tra VIII e III sec. a.C. (elaborazione grafica dell'autrice).

[del sole] e da entrambe le parti fecero partire i limiti" (Hyg. Grom. Cons. *Lim*. 170, 5-8 L.). Secondo il gromatico Frontinus, era comune "che i decumani fossero rivolti dalla parte in cui il sole, nel momento in cui al misurazione fu effettuata, sorgeva", "ut decimani spectarent ex qua parte sol eo tempore, quo mensura acta est, oriebatur" (Front. De Lim. 31, 5-7 L.). Essendo le città considerate ortogonali o quasi ortogonali, l'analisi comparativa delle altre direzioni porterebbe infatti esattamente agli stessi risultati. Il valore di azimut è stato misurato sulle emergenze archeologiche strutturali (quali muri, case, strade), evidenti dalla cartografia allegata alle pubblicazioni degli scavi. La lettura diacronica di tali strutture si è concentrata su quelle emergenze archeologiche coeve al tempo di fondazione delle città, ovvero quando il disegno urbano è stato pensato e pianificato. Il valore di azimut è misurato in ambiente GIS con il plugin *Azimuth Measurement* sui dati del profilo del territorio DSM a 1m risoluzione LiDAR[2] e sulla cartografia di scavo estrapolata dalle pubblicazioni e georeferenziata in ambiente GIS. Per migliorare la visibilità del modello digitale di elevazione sono stati applicati dei filtri del *Relief Visualisation Toolbox* sviluppati appositamente per l'analisi di dati LiDAR (Kokalj & Somrak 2019) [fig. 2].

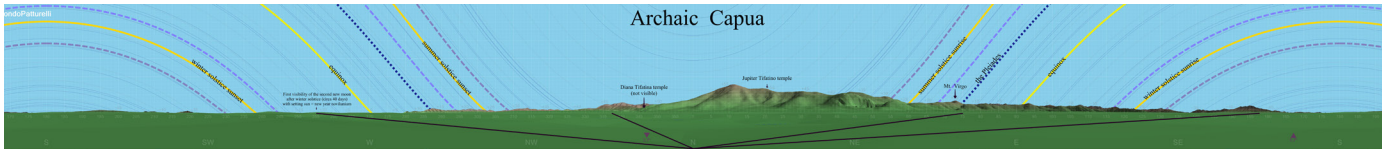
Le città non sono entità astratte e isolate, ma sono immerse in un paesaggio, caratterizzante il luogo della fondazione. Nello specifico, la porzione di cielo visibile da una città è inversamente proporzionale all'ingombro del paesaggio terreste, come le alture circostanti, che formano una vera e propria maschera nella sfera celeste. Fondamentale diventa la necessità di misurare tale ingombro, per ogni data direzione topografica, a partire dal centro dell'abitato urbano – ovvero dall'ipotetico incrocio dei due assi ortogonali principali – per valutare l'esatta posizione di levata degli astri all'orizzonte. Per ogni città è stato quindi ricostruito digitalmente il paesaggio, attraverso il software *Horizon* sui dati del SRTM 30m DTM (Smith 2020) [fig. 4]. Dal valore sul piano orizzontale di azimut della griglia urbana 'verso est' si è acquisito il dato sul piano verticale dell'altezza dell'orizzonte, valori convertibili come dato univoco di declinazione [tab. 1], come è tipico dei metodi dell'archeoastronomia per confrontare dati provenienti da diverse località ed estrapolare le direzioni di orientamento più frequenti (Ruggles 2015, p. 461).

4.
Paesaggio terrestre e celeste visibile da Capua per il periodo arcaico (elaborazione grafica dell'autrice con *Horizon*© Andrew Smith 2020).

tab 1.
Il campione delle città indagate con i relativi dati: nome, cronologia di fondazione, latitudine, azimut misurato (verso il quadrante orientale), incertezza stimata sul valore dell'azimut, altitudine dell'orizzonte al dato azimut, declinazione computata.

tab 1.

Città	Cronologia di fondazione	Lat.	Az.	Az. Incertezza	Alt.	Dec.
I. Capua	VIII sec. a.C.	41.08°	75°	±2°	3°	+13.25°
II. Calatia	VIII-VII sec. a.C	40.04°	85°	±2°	4°	+6.39°
III. Suessula	VIII-VII sec. a.C	40.99°	72°	±2°	2.6°	+15.23°
IV. Acerrae	IV-III sec. a.C	40.94°	62°	±1°	2.7°	+22.63°
V. Atella	IV-III sec. a.C	40.96°	68.5°	±2°	1.3°	+16.95°
VI. Abella	VII-VI sec. a.C	40.96°	74°	±2°	10.3°	+18.78°
VII. Nola	VIII sec. a.C	40.93°	108°	±1°	5°	-10.11°
VIII. Kyme	VIII-VII sec. a.C	40.85°	115.5°	±1°	6.1°	-14.73°
IX. Neapolis	VI-V sec. a.C	40.85°	66°	±1°	2.1°	+19.36°
X.Herculaneum	/	40.81°	60°	±4°	8.6°(?)[3]	+28.16°(?)
XI. Pompei	VII-VI sec. a.C	40.75°	59.38°	±1°	3.2°	+24.94°
XII. Nuceria	VII-VI sec. a.C	40.74°	95°	±1°	6.1°	+0.21°
XIII. Stabiae	VII-VI sec. a.C	40.71°	78°	±1°	4°	+11.70°
XIV. Surrentum	VII-VI sec. a.C	40.63°	75.5°	±1°	6.3°	+15.09°



4.

Attraverso l'uso della statistica, l'obiettivo è quello di capire se alcuni orientamenti siano significativi e se corrispondano ad eventi astronomici rilevanti e considerati importanti nel sopra delineato contesto storico e geografico. Come schematizzato nella tabella 1 per ogni città è stata attribuita una coordinata della sfera celeste, ovvero un valore di declinazione corrispondente al suo orientamento orientale. Questi dati sono stati elaborati e visualizzati in un curvigramma, in una distribuzione Gaussiana di frequenza normalizzata [fig. 5] (González-García & Šprajc 2016; Rodrìguez-Antòn 2017, pp. 29-30). Tale elaborazione permette di valutare se sono presenti dei valori di orientamento significativi rispetto a una distribuzione uniforme, sebbene il presente campione sia comunque piuttosto limitato (Polcaro 2016, p. 4; Silva 2020, pp. 5-6). È una pratica comune in archeoastronomia valutare come significativi solo i risultati che presentano una confidenza sopra il 98% di probabilità non casuale, ovvero maggiore di 3σ (Schaefer 2006; Rodrìguez-Antòn 2017, p. 33). L'unico dato di orientamento che presenta tale confidenza statistica corrisponde a un picco intorno al valore di declinazione di +18°, suggerendo che la distribuzione non è casuale. Il picco, però, presenta una certa dispersione che potrebbe essere interpretata come riferibile ad un orientamento solare in un ampio arco di tempo stagionale [fig. 5]. Ovvero, in quel punto del cielo, il sole si sarebbe visto sorgere all'epoca nella stagione della fine primavera o inizio estate (circa 40 giorni prima del solstizio estivo), corrispondente al sorgere eliaco delle Pleiadi [fig. 5]. In alternativa, secondo la prospettiva archeoastronomica, è necessario considerare anche la possibilità per il periodo intorno 40 giorni dopo il solstizio estivo, circa inizio agosto, con il sorgere eliaco della stella Regolo, nella costellazione del Leone. Nel presente contributo la discussione si focalizzerà solo sulla prima opzione data l'importanza più consistente delle Pleiadi nella Campania antica rispetto a Regolo.

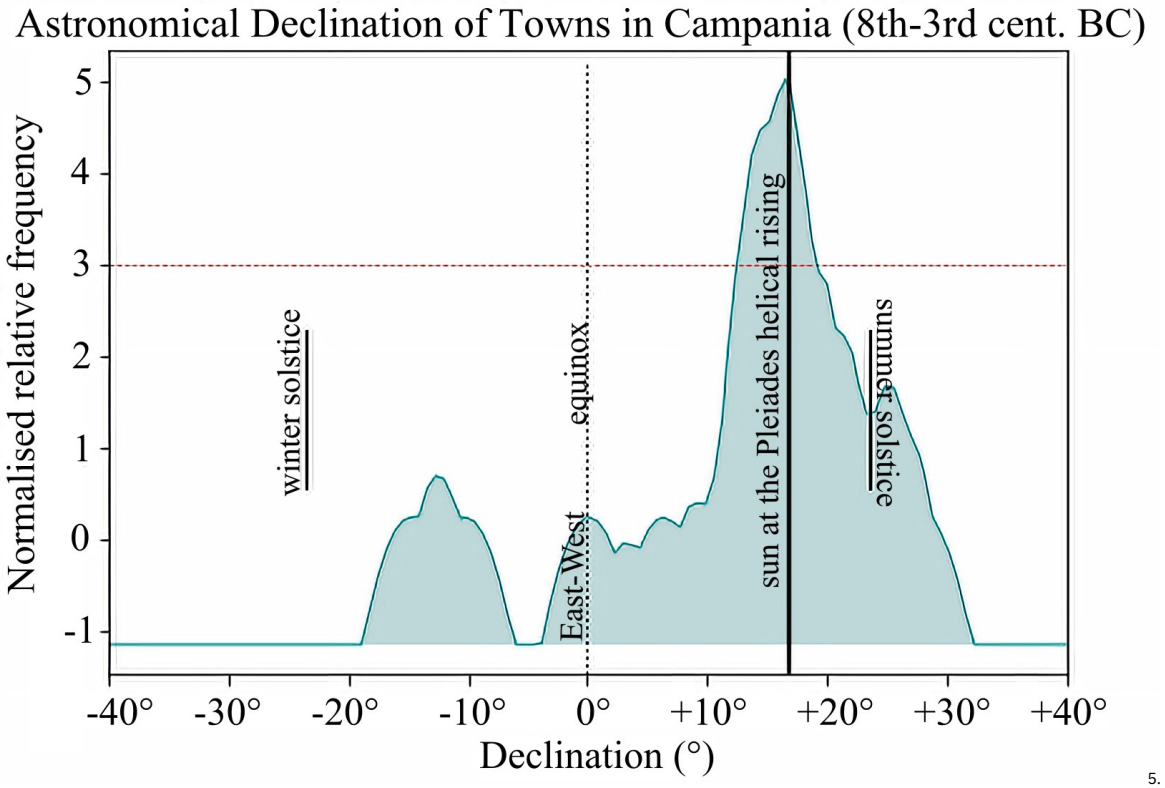
Discussione e spunti di riflessione su un possibile ruolo delle Pleiadi in Campania

Nel mondo eterogeneo della Campania è proprio Capua e la sua aristocrazia etrusca che funge da trainante all'urbanizzazione della regione. Il suo ruolo egemone, almeno a partire dalla metà del VII sec. a.C. è evidente (Cerchiai 1995, pp. 99-104; d'Agostino 2011, p. 77). Quindi, i risultati di questa ricerca possono essere esposti a partire da Capua, da cui è possibile immaginare si sia diffuso questo sistema di orientamento. La città arcaica con l'abitato del Siepone [fig. 2] traccia delle linee coerenti ai coevi principali santuari peri-urbani ed extra-urbani della città: Fondo Patturelli e Diana Tifatina [fig. 6].

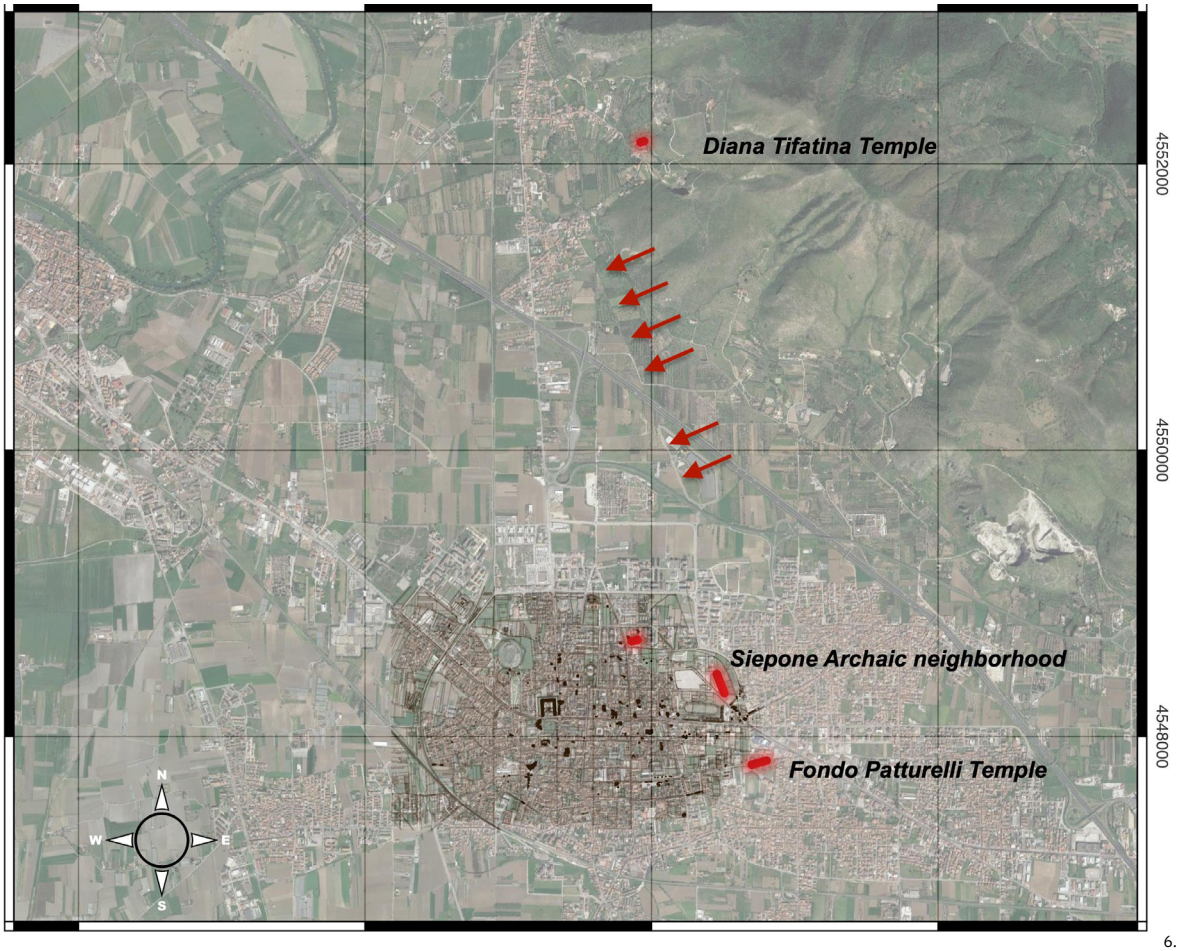
L'abitato presenta degli assi regolari ma non perfettamente ortogonali, con un azimut di 75° (±2°) verso est. Questo specifico orientamento può essere letto anche nelle città di *Suessula* e *Abella* nella parte più interna della Campania, e nella penisola Sorrentina a *Stabiae* e *Sorrentum* [fig. 1]. Questi insediamenti sono accumunati da una forte etnicità etrusco-italica. Anche la *Neapolis* di fondazione greca presenta un orientamento simile ma comunque di circa 10° di differenza (azimut 66°), ma probabilmente determinato da diversi fattori di pianificazione urbanistica (Longo & Tauro 2017). Sicuramente non è possibile dare una spiegazione univoca a tali orientamenti urbani nel palinsesto composito della Campania antica. Ciononostante, lo spunto di approfondimento sul ruolo delle Pleiadi nel panorama cultuale e culturale Campano è molto ricco, come ricordano recenti studi di etno-astronomia locale.

Nei resoconti di etnografia e antropologia della Campania, le Pleiadi tornano sotto varie forme e racconti. Le Pleiadi sono infatti una delle più importanti astri della volta celeste a marcare il cambiamento stagionale e a dettare i tempi dell'agricoltura. Per esempio, Domenico Ienna (2019) ha raccolto il sapere folklorico relativo al cielo dell'area del Cilento, nella provincia di Salerno, cronologicamente inquadrabile tra la fine del XIX-XX sec. d.C.. In tale ricerca, Ienna evidenzia la pertinenza uranico-atmosferica delle 'Fate Lacrimanti' e la loro identificazione con le Pleiadi, sia per il numero – sei o sette – delle fanciulle che per le loro influenze sulla meteorologia e le stagioni (Ienna 2019, pp. 482-485). Secondo Angelo Di Mauro, "la simbologia di queste fate...è prettamente agricola o meglio cerealicola" (Di Mauro 2007, pp. 68-69). Inoltre, le Pleiadi potrebbero anche essere identificate nella devozione locale, che comprende più estesamente Campania, Molise, Basilicata e Puglia, nel il culto delle sette Madonne o sette sorelle (La Greca 1990, p. 104; Lapenna 2000, pp. 53-55).

Ritornando alle testimonianze contemporanee alla fondazione delle città Campane, fin da Esiodo, nelle *Opere e i Giorni*, il poeta greco narrava l'importanza delle fasi stagionali dell'asterismo per le attività rurali della Beozia. Per esempio, tra fine ottobre e inizio di novembre, con il loro tramonto all'alba, le Pleiadi marcavano una fondamentale attività dell'anno agrario: l'aratura. Da quello stesso momento era sconsigliata la navigazione, fin tutto l'inverno, date le piogge e i venti di Borea (Coppola 2010). Da marzo, all'incirca 10 giorni dopo l'equinozio di primavera, con il tramonto serale dell'asterismo, passavano 40 giorni in cui le Pleiadi non erano mai visibili. Ritornavano a inizio maggio, con il loro sorgere eliaco, ovvero poco prima dell'alba. Si può calcolare che il loro sorgere eliaco dell'epoca avvenisse circa 40 giorni prima del solstizio estivo, nel periodo della prima estate. È verso il sole nascente di questa stagione, sopra all'orizzonte locale, che sono orientate la maggior parte delle città dell'antica Campania. Il momento era quello della



5.

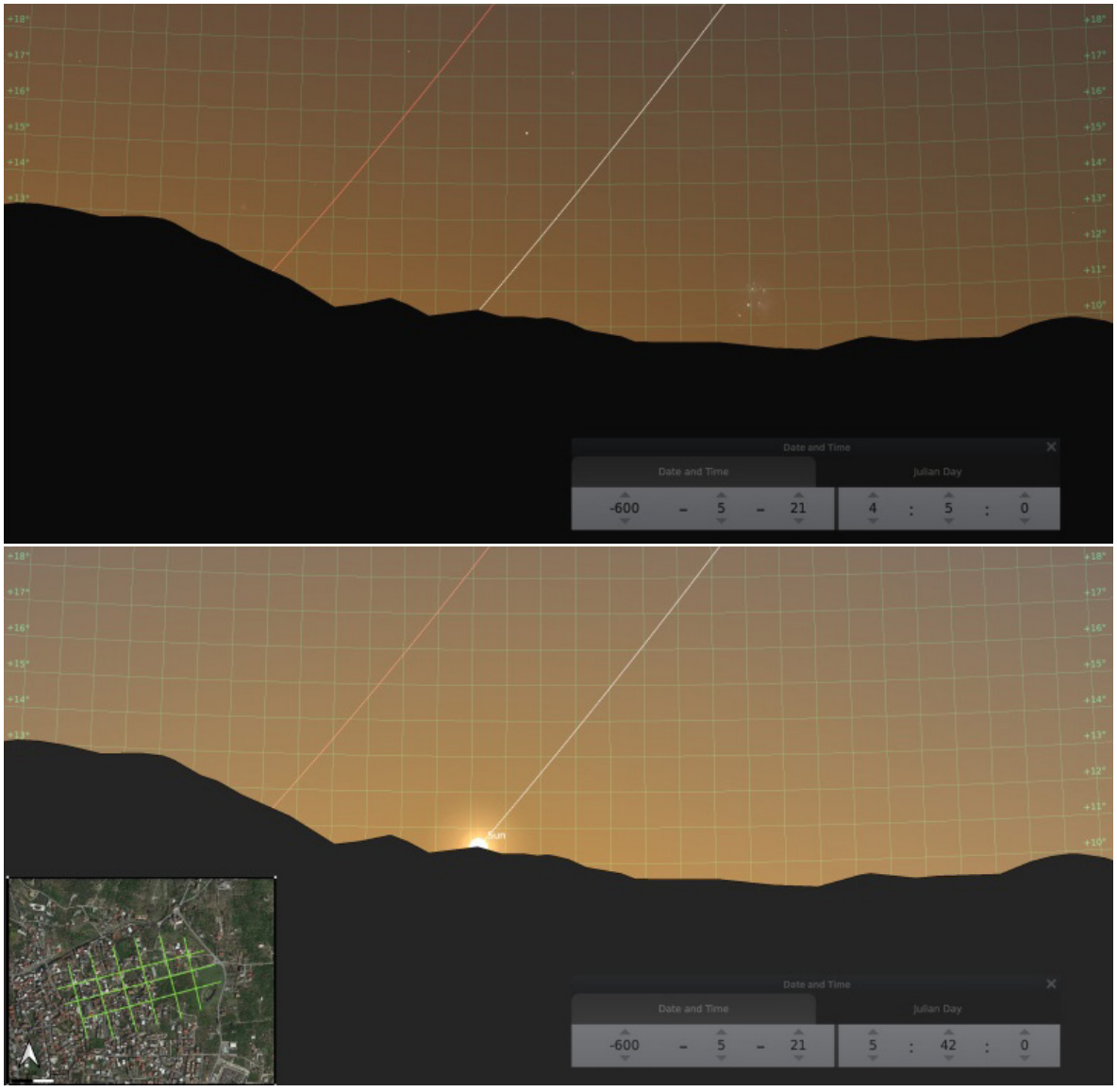


6.

5.
Analisi della declinazione degli assi urbani delle città dell'antica Campana. Il picco punta alla posizione del sole al momento del sorgere eliaco delle Pleiadi. (elaborazione grafica dell'autrice con codice Python (Spider v.5) scritto da A. César González-García e Andrea Rodríguez-Antón).

6.
Sistema di orientamento arcaico (in rosso), incluso l'abitato del Siepone, il santuario di Fondo Patturelli, il tempio di Diana Tifatina, e altre tracce di questo sistema (elaborazione grafica dell'autrice con QGIS).

prima mietitura, forse della giovane spiga ancora in fiore. Questo periodo corrispondeva anche alla raccolta delle spighe di farro per la produzione della "mola salsa" attestata a Roma e nell'Italia arcaica, una ricetta rituale che veniva prodotta con la spiga di farro in fiore senza chicchi (Prosdocimi 1991; Sabatucci 1988, pp. 204-205). Quindi, il sorgere eliaco delle Pleiadi avveniva al momento della fioritura della spiga del farro, celebrata ritualmente come momento della mietitura simbolica o primiziale (Prosdocimi 1991, p. 1306). Inoltre, i Latini chiamavano le Pleiadi *Vergiliae*, cioè "rivolte alla primavera" (Cattabiani 2015). Un'importante festa agricola nello stesso periodo dell'anno è inoltre attestata nel mondo Celtico con Beltane (Cattabiani 2008, p. 142). Ad Atene e in Attica, lo stesso periodo dell'anno corrispondeva alla celebrazione delle Thargelie, momento di purificazione della città con il capro espiatorio come *pharmakos* e di consumo del pasto sacro in onore di Apollo per propiziare il futuro abbondante raccolto (Graf 2016). Ritornando in Campania, a *Capua*, nelle incerte righe del calendario etrusco della Tabula Capuana redatto intorno al 470 a.C., si potrebbero ritrovare corrispondenti feste primaverili (Cristofani 1995). Il sistema calendariale Capuano risulta lacunoso, seppure la straordinaria testimonianza della Tabula Capuana riporta la centralità della divinità *Leθam* che assume caratteri legati al ciclo della generazione sia agraria che umana da porre al principio dell'anno, ovvero in primavera (Cristofani, 1995, p. 120). Inoltre, Mauro Cristofani ricorda una notizia data da Livio di una festa primaverile e notturna celebrato nel santuario federale di *Hamae* (Cristofani 1998, p. 172). Inoltre, lo studioso, citando un feriale di Capua, sebbene molto più tardo, nel IV sec. d.C., ricordava che il primo di maggio era celebrata una *lustratio* delle messi presso il fiume Volturno, a *Casilinum*, porto fluviale di Capua (Cristofani 1998, p. 169). Anche qui ritorna un rito agrario proprio nella stagione in cui le Pleiadi facevano capolino all'orizzonte anticipando il sorgere del sole [fig. 7].



7.
In alto, il sorgere eliaco delle Pleiadi nella prima estate, così come osservato da Abella; sotto, il sole che sorge dopo qualche ora nella direzione degli assi urbani dell'abitato di Abella, verso azimut 75° (elaborazione grafica dell'autrice con Stellarium v.22.2).

Un ulteriore approfondimento che si potrebbe tracciare nell'attuale lacunoso stato documentario è relativo al lavoro di Georges Dumézil, *Le Festin d'Immortalité: étude de mythologie comparée indo-européenne*, dove lo studioso delinea elementi in comune tra varie popolazioni riguardo una festa primaverile legata al ciclo mitologico dell'ambrosia, il nettare dell'immortalità, in un ciclo rituale che propiziava alle comunità una vita lunga, sana e felice (Dumézil 1924, p. 89). Infatti, come ricordato nell''Introduzione', per Omero le *peleiades* erano le trasportatrici dell'ambrosia per Zeus infante (Om. *Od*. XII, 62-65; Ath. *Deipn*. XI., 491). Sul perché siano proprio le Pleiadi a trasportare l'ambrosia non abbiamo ulteriori informazioni. Dumézil imputa a tale lacunosità una tradizione ormai lontana, quasi perduta, come la sostituzione dell'originaria bevanda bevuta dagli uomini che corrisponderebbe alla leggendaria ambrosia: inizialmente una bevanda fermentata di cereali, ma poi sostituita nel mondo greco con il vino (Dumézil 1924, pp. 90, 282-283). Tra le varie variazioni del mito dell'ambrosia in ambito greco citate dallo studioso, si può ricordare che nell'ambiente orfico Demetra era ritenuta la dea inventrice dell'ambrosia (Proc. *Crat*. 168; Dumézil 1924, p. 104). Inoltre, il nettare dell'immortalità fu causa di un grave conflitto tra due categorie di esseri sovraumani, dei e giganti/titani che si esprime come Gigantomachia e Titanomachia (Dumézil 1924, p. 108), scene mitiche rappresentate nel Tempio A di epoca Campana a *Cumae* (fine del IV–inizi III a.C). Degli astri delle Pleiadi e del trasporto dell'ambrosia potrebbero essere ulteriore evidenza le antefisse del tempio come già ha argomentato Carlo Rescigno (2006) [fig. 8].

A Roma e nel Lazio l'ambrosia è invece personificata con Anna Perenna (Dumézil 1924, p. 126). Ovidio narra che nella festa di Anna Perenna nel primo mese dell'anno, a marzo, gli uomini e donne chiedono tanti anni quanti bicchieri bevono, fin quasi a contare gli anni di Nestore, o della sibilla, evidentemente emblema di immortalità (Ovid. *Fast.* II, 523-540). Ecco che proprio nella leggendaria coppa di Nestore citata da Ateneo a *Capua*, con cui l'eroe omerico beveva vino mischiato con cereali e formaggio, forse rimando al nettare dell'immortalità dell'ambrosia, era decorata dalle Pleiadi, simbolo della perpetua generazione della primavera, che marcavano il tempo agricolo e probabili feste agricole in Campania e non solo.

Conclusioni

Il presente contributo indaga l'importanza della volta celeste nella visione del mondo degli antichi Campani, così come espresso nelle forme dell'urbanizzazione, dei riti agricoli e dei calendari. Questa ricerca utilizza il dato topografico dell'orientamento urbano, nel disegno pianificato e ortogonale della città Campane, per un'analisi delle evidenze calendariali locali, in particolar modo, relative ai ritmi dei culti e all'agricoltura. A partire dall'inquadramento della ricerca nel contesto storico della formazione delle prime città regolari e pianificate, lo studio indaga il disegno urbano di 14 città Campane, nel loro adattamento al paesaggio – terreste e celeste – e nelle specifiche direzioni delle strade rispetto ai punti cardinali. L'analisi statistica sul dato dell'orientamento urbano permette di isolare una significatività statistica, la cui interpretazione è stata contestualizzata grazie alle diverse evidenze archeologiche, dai calendari locali ai culti agricoli che potrebbero essere correlati con il tempo del sorgere eliaco delle Pleiadi. Il picco statistico di azimut 75° fa riflettere sul ruolo che le Pleiadi assumono nella scansione del tempo, anche considerando l'importanza dalla produzione ed esportazione cerealicola della regione nell'antichità. In Campania, l'asterismo è citato dalle fonti letterarie nel racconto mitico e forse rappresentato nella decorazione di fanciulle alate dei tetti dei templi campani. Tali evidenze potrebbero essere riferibili al ciclo della fertilità dei campi e delle comunità, nella scansione del tempo di cui è proprio il cielo il grande orologio regolatore.

8. Antefissa del tempio A di *Cumae* Campana, serie interpretata da Rescigno (2006) come rappresentazione dell'asterismo delle Pleaidi portatrici dell'ambrosia (Krauskopf 1992, tav. 78.5).

Crediti e ringraziamenti

Si porgono i ringraziamenti al Prof. Carlo Rescigno per avermi dato la possibilità di approfondire il tema del disegno delle città nella Campania antica sotto il profilo dell'archeoastronomia e dell'archeologia del paesaggio celeste. Questa ricerca è il frutto di un progetto di dottorato (2019-2022) condotto presso il laboratorio Capys, Dipartimento di Lettere e Beni Culturali dell'Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli".

Note

1. Per l'estrapolazione di griglie urbane più complesse e con più orientamenti per una singola direzione, come accade a Pompei, è stato possibile creare un diagramma polare per evidenziare l'orientamento prevalente.
2. I dati LiDAR sono stati forniti dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.
3. Il valore resta indeterminato a causa della forma del complesso vulcanico Mt. Somma-Vesuvio prima dell'eruzione del 79 d.C..

Bibliografia

Caliò L. M. (2020). *Polis: Ippodamo e la filosofia della città*. Roma: Edizioni Quasar.

Cantilena R. (2009). La moneta a Cuma tra storia e mito. In A. Alessio, M. Lombardo, A. Siciliano (a cura di). *Cuma*. Atti del XLVIII Convegno di Studi sulla Magna Grecia. Taranto, 27 settembre-1 ottobre 2008, pp. 199-227. Taranto: ISAMG (Istituto per la Storia e l'Archeologia della Magna Grecia).

Cattabiani A. (2008). *Calendario. Le feste, i miti, le leggende e i riti dell'anno.* Milano: Rusconi.

Cattabiani A. (2015). *Planetario. Simboli, miti e misteri di astri, pianeti e costellazioni*. Milano: Oscar Mondadori.

Cerchiai L. (1995). *I Campani*. Milano: Longanesi.

Cerchiai L. (2019). Urbanizzazione nelle città campane tra Etruschi, Greci e Sanniti. In M. Maiuro, M. Balbo (a cura di). *Popolazione, risorse e urbanizzazione nella Campania Antica. Dall'età preromana alla tarda antichità,* pp. 11-20. Bari: Edipuglia.

Coppola D. (2010). *ANEMOI. Morfologia dei venti nell'immaginario della Grecia arcaica*. Napoli: Liguori.

Cristofani M. (1995). *Tabula capuana. Un calendario festivo di età arcaica.* Firenze: Olschki.

Cristofani M. (1998). Luoghi di culto dell'Ager Campanus. In S. A. Muscettola, G. Greco (a cura di). *I culti della Campania Antica*. Atti del Convegno Internazionale di Studi in ricordo di Nazarena Valenza Mele. Napoli, 15-17 maggio 1995, pp. 169-173. Roma: G. Bretschneider.

d'Agostino B. (2011). Gli Etruschi e gli altri nella Campania Settentrionale. In O. Paoletti, M. C. Bettini (a cura di). *Gli Etruschi e la Campania Settentrionale*. Atti del XXVI Convegno di Studi Etruschi ed Italici. Caserta, S. M. Capua Vetere, Capua, Teano, 11-15 Novembre 2007, pp. 69–91. Roma: Fabrizio Serra Editore.

Di Mauro A. (2007). *I sette sentieri della memoria. Luoghi e leggende di Camerota, Lentiscosa, Licusati, Marina, Monte Bulgheria*. Acciaroli: Centro di Promozione Culturale per il Cilento.

Kokalj Ž., Somrak M. (2019). Why Not a Single Image? Combining Visualizations to Facilitate Fieldwork and On-Screen Mapping. In *Remote Sensing*, n. 11(7), p. 747.

Dumézil G. (1924). *Le festin d'immortalité: étude de mythologie comparée indo-européenn.* Annales du Musée Guimet, I, XXXIV. Parigi: Librairie Orientaliste Paul Geuthner.

González-García A. C., Šprajc, I. (2016). Astronomical significance of architectural orientations in the Maya Lowlands: A statistical approach. In *Journal of Archaeological Science: Reports*, n. 9, pp. 191-202.

Graf F. (2016). Festivals in Ancient Greece and Rome. In *Oxford Research Encyclopedia of Religion*. New York-London: Oxford University Press.

Ienna D. (2019). Il cielo sopra il Cilento. Credenze, ritualità e simbologie del folklore astronomico. In A. La Greca, A. Baldini (a cura di). *Uno scrigno per l'Unesco. I siti, la cultura immateriale e le aree di interesse comunitario nel Cilento e nel Vallo di Diano. Aspetti storico-antropologici,* pp. 475-518. Acciaroli: Centro di Promozione Culturale per il Cilento.

Krauskopf I. (1992). Himmlische Wasserträgerinnen. In H. Froning, T. Hoelscher, H. Mielsch (a cura di). *Kotinos. Festschrift für Erika Simon*, pp. 350-355. Mainz am Rhein: Philipp von Zabern.

La Greca A. (1990). *Il folklore. Guida del Cilento, 2*. Acciaroli. Centro di Promozione Culturale per il Cilento.

Lapenna M. C. (2000). *Il culto della Madonna Nera. La Chiesa di S. Maria di Costantinopoli a Castel Grande e le Sette Sorelle*. P. I. P. Marmo Platano Melandro.

Lombardi Satriani L. M. (1984). La casa dell'uomo. Sacrificio, fondazione, memoria. In F. Faeta (a cura di). *L'architettura popolare in Italia. Calabria,* pp. 177-194. Bari: Editori Laterza.

Longo, F., Tauro T. (2017). *Alle origini dell'urbanistica di Napoli*. Paestum: Pandemos.

Lynch K. (1960). *The Image of a City*. Cambridge: MIT Press.

Monaco M., Clavel-Lévéque M. (2004). Analyse spatiale, archéologie des paysages et centuriation, application des méthodes SIG : 2 - La modélisation d'un paysage centurié : le Sud Biterrois ; 3 - La reconstitution d'un paysage antique : l'ager Campanus. In *Dialogues d'histoire Ancienne*, n. 30(1), pp. 186-200.

Nissen H. (1869). *Das Templum: antiquarische Untersuchungen*. Berlino: Weidmannsche buchhandlung.

Polcaro F. V. (2016). The Credibility of Archaeoastronomy: Suggestion From Pharmacology?. In *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, n. 16(4), pp. 1-5.

Prosdocimi A. L. (1991). "Mola Salsa". Le giovani spighe in fiore. In *Archeologia Classica*, n. 43, pp. 1297-315.

Prosdocimi A. L. (2009). Decumanus 'ab oriente ad occasum' e cardo 'ex transverso currens'. In S. Bruni (a cura di). *Etruria e Italia preromana. Studi in onore di Giovannangelo Camporeale*, pp. 717-747. Roma: Fabrizio Serra Editore.

Rescigno C. (2006). Ambrosia per gli dei: note iconografi-

che a margine della cosiddetta Iade della Raccolta Cumana. In B. Adembri (a cura di). *AEIMNHSTOS Miscellanea di studi per Mauro Cristofani: Vol. II,* pp. 506-514. Firenze: Centro Di.

Rodrìguez-Antòn A. (2017). *Cosmovisión y urbanismo en la roma antigua: orientación de ciudades y campamentos romanos*. Tesi di dottorato di ricerca in Astrophysics (archaeoastronomy), J. A. Belmonte Avilés, A. C. González García. Universidad de La Laguna.

Rosada G. (1991). Divisione agraria, orientamento e suolo. In M. Fano Santi (a cura di). *Archeologia e astronomia: colloquio internazionale*. Venezia, 3-6 maggio 1989, vol. 9, pp. 88-95. Roma: G. Bretschneider.

Ruggles C. (2015). Basic Concepts of Positional Astronomy. In C. L. N. Ruggles (a cura di). *Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy*, pp. 459-472. New York: Springer.

Sabbatucci D. (1988). *La religione di Roma antica: dal calendario festivo all'ordine cosmico.* Milano: Il Saggiatore.

Sampaolo V. (2008). La perimetrazione di Capua e l'abitato arcaico. In O. Paoletti, M. C. Bettini (a cura di). *La Citt murata in Etruria*. Atti del XXV Convegno di Studi Etruschi ed Italici. Chianciano Terme, Sarteano, Chiusi, 30 marzo-3 aprile 2005, pp. 471-483. Roma: Fabrizio Serra Editore.

Schaefer B. E. (2006). Case Study of Three of the Most Famous Claimed Archaeoastronomical Alignments in North America. In T. W. Bostwick, B. Bates (a cura di). *Viewing the sky through past and present cultures: selected papers from the Oxford VII International conference on archaeoastronomy,* vol. 15, pp. 27-56. City of Phoenix, Parks and Recreation Dept.

Silva F. (2020). A probabilistic framework and significance test for the analysis of structural orientations in skyscape archaeology. In J*ournal of Archaeological Science*, n. 118, pp. 1-13.

Smith A. (30 gennaio 2020). Horizon 0.13c GIS tool. <agksmith.net/horizon/index.htm> (consultato il 25 gennaio 2023).

Jacopo Zucchi,
Stanza dell'Aurora
1576-77, affresco.
Padiglione di
Ferdinando, Villa
Medici. Roma.
(Fotografia di
Gianluca Masi)

Dove Cosmografia e Topografia si incontrano: tre paesaggi celesti romani tra alto Rinascimento e Manierismo

Abstract

Si analizzano tre architetture romane tra Rinascimento e Manierismo caratterizzate da sistemi decorativi che dipendono dalla topografia dell'edificio e da specifiche configurazioni del firmamento: la *Stanza della Segnatura* di Raffaello in Vaticano, la *Loggia di Galatea* di Peruzzi a Villa Farnesina e la *Stanza dell'Aurora* di Zucchi a Villa Medici. Queste cosmografie orientate fondono un paesaggio carico di riferimenti sacri e storici con la dimensione temporale dello scenario celeste, creando un modello cosmico ordinato che racchiude l'osservatore e sviluppando per i committenti una narrativa di potere su vasta scala.

I propose three roman architectural artifacts of the Renaissance, characterized by a decoration which depends both on the topography of the building and on the changing sky: Raphael's *Stanza della Segnatura* in the Vatican, Peruzzi's *Loggia di Galatea* in Villa Farnesina and Zucchi's *Stanza dell'Aurora* in Villa Medici. These oriented cosmographies combine a landscape charged with sacred and historical symbols with the temporal dimension of the skyscape, creating an ordered model of the Cosmos that encloses the observer and incorporating a narrative of empowerment of their patrons on the grandest scale up to the eighteenth century.

Parole chiave

Arte Rinascimentale
Cosmografia
Topografia
Astrologia
Archeoastronomia

Giangiacomo Gandolfi
INAF – Osservatorio Astronomico di Roma
→ giangiacomo.gandolfi@inaf.it

Introduzione

Negli ultimi anni l'archeologia del paesaggio e l'archeoastronomia, giovani discipline accademiche all'interfaccia tra discipline umanistiche e scientifiche, hanno trovato un punto di incontro nel campo degli studi sui paesaggi celesti (*"skyscape"*), analizzando le complesse relazioni tra paesaggio naturale o artificiale e cielo nelle culture antiche, con l'obiettivo di comprendere come gli uomini interpretassero, modificassero e utilizzassero gli ambienti che li circondavano. Un tale intricato e astratto gioco di forme, simboli e luci, si condensa all'orizzonte, svelando lungo il profilo cittadino – la cosiddetta *skyline* – sistemi di credenze e forme di conoscenza che oscillano tra il sacro e il profano. Come riassume Fabio Silva, "gli *skyscape* estendono questo studio [quello dei paesaggi terrestri, marini e acquatici (*landscape/seascape/waterscape*)] verso l'alto per includere i cieli, i corpi celesti e il modo in cui si relazionano con le credenze e le pratiche umane, con le loro nozioni di tempo e luogo, con le loro strutture e resti materiali. Il filo conduttore che unisce tutti questi "concetti di paesaggio" è che si riferiscono a un insieme di componenti interconnessi, ciascuno dei quali trae il proprio significato dalla sua posizione all'interno dell'insieme"[1].

Un approccio simile può essere adottato nel più ampio campo dell'astronomia culturale per la civiltà occidentale alla fine del Medioevo, in un'epoca di rinnovamento dell'arte e della scienza che non ha mai interrotto il dialogo con il cielo: il Rinascimento. Nel presente saggio cercherò di mostrare come il paesaggio e il cielo romani si mescolino all'inizio del XVI secolo in due celebri luoghi raramente associati al cosmo, una coppia di monumenti in grado di dimostrare un sofisticato livello di integrazione tra il cielo, la geografia circostante e l'urbanistica della città Eterna. Queste eleganti cosmografie nascoste – l'una nella straordinaria *Stanza della Segnatura* in Vaticano, concepita da Raffaello, l'altra nella celebre *Loggia di Galatea* nella Villa Farnesina progettata da Baldassarre Peruzzi – combinano e rispecchiano un paesaggio carico di simbolismi sacri e storici nella dimensione temporale del cielo che li circonda e creano un modello vivido e ordinato del cosmo che racchiude l'osservatore. In particolare, la prima si trova al centro della cristianità, nel palazzo Apostolico Vaticano, con le pareti decorate da quattro affreschi orientati in armonia sia con le decorazioni della volta che con la *skyline* della città, mentre il terzo asse spaziale punta verso il cielo. Infatti, la celebre allegoria dell'astronomia che legge con stupore una porzione del suo globo celeste, sta in realtà osservando il meridiano (vicino all'astrologico *Medium Caelum*) al momento dell'elezione del Papa. Questa indicazione calendariale integra la lettura cartografica racchiusa nel nucleo della *Renovatio Urbis* giuliana, localizzando fortemente la cosmografia nel tempo e celebrando contemporaneamente la nuova età dell'oro inaugurata dal Pontefice roveresco. Allo stesso modo, l'intera Villa Farnesina, concepita all'incirca negli stessi anni, localizza il *suburbanum* di Agostino Chigi nell'antica Roma degli dei planetari e la *Loggia di Galatea* riporta sulla sua volta orientata la natività del suo proprietario, riflettendo accuratamente il cielo reale sopra la villa e trasformando l'edificio in un oroscopo solidificato e personale, in perpetuo dialogo al tempo stesso con l'Urbe e con il mondo classico che essa incarna.

Questi due modelli, sebbene diversi nel linguaggio e negli obiettivi, incorporano in effetti una narrazione di centralità e potere dei loro committenti sulla scala più ampia – sia per Giulio II che per il suo banchiere[2]. Alla fine, aggiungerò le prove di una ripresa in scala minore di tali progetti cosmografici nella città eterna alla fine del XVI secolo, considerando come terzo caso il padiglione di Ferdinando nei giardini di Villa Medici che contiene la cosiddetta *Stanza dell'Aurora*, dipinta per l'omonimo cardinale da Jacopo Zucchi nel 1576-77. L'orientamento del piccolo studiolo verso l'orizzonte e il cielo romano, infatti, si rispecchia nelle decorazioni interne, enfatizzando il paesaggio mitico e storico e i buoni auspici astrologici che il cielo sembrava preparare per il futuro sovrano della Toscana secondo il cortigiano Pietro Angeli detto il Bargeo. Questa cosmografia allude chiaramente al modello di Villa Farnesina con il suo linguaggio astro-mitologico e alla *Stanza della Segnatura* per la sovrapposizione di molteplici significati allegorici e cosmografici. La sua scala modesta, tuttavia, e il carattere appartato e introverso ancor più che l'insistenza sulla profezia e sulla divinazione astrale (inalterata per tutto il secolo), qualificano il progetto come tipicamente post-tridentino, ormai un'ombra declinante dei fasti dell'alto Rinascimento.

La *Stanza della Segnatura* di Raffaello: una *mise en abyme* cosmografica

La *Stanza della Segnatura* fu la prima delle stanze decorate nell'appartamento di Giulio II nel palazzo Apostolico Vaticano[3] [fig. 1].

Il Pontefice commissionò l'opera prima al Perugino e ad altri artisti, poi a Raffaello, e la stanza fu dipinta tra il 1508 e il 1511, "*ad praescriptum Julii Pontificis*" secondo Paolo Giovio. L'iconografia della sala celebra la cultura umanistica, raffigurando sulle pareti *La disputa del Santissimo Sacramento*, *La scuola di Atene*, *Il Parnaso* e *Le virtù cardinali sopra Giustiniano che promulga le Pandectae e Gregorio IX che riceve i Decretali*, per rappresentare la teologia, la filosofia, la poesia e il diritto. La volta riflette gli stessi temi con tondi e pannelli in calcolata corrispondenza con gli affreschi principali e una delle scene è la celebre *Urania* o *Astronomia* che contempla la sfera celeste. Stefano Pierguidi (Pierguidi 2010) ha proposto che in origine il *cubiculum* fosse stato dipinto da Giovanni Bazzi detto il Sodoma e

1.

1.
Raffaello Sanzio, La *Stanza della Segnatura* nel Palazzo Apostolico Vaticano, Città del Vaticano, 1508-11. (foto: Wikimedia).

2.
Raffaello Sanzio, Urania (o l'Astrologia) indica il cielo della elezione di Giulio II. *Stanza della Segnatura*. Palazzo Apostolico Vaticano, Città del Vaticano, 1508-11. (foto: Marie-Lan Nguyen, Pubblico Dominio, https://commons.wikimedia.org/w/index).

dal cartografo olandese Johannes Ruysch, secondo un progetto diverso: una camera in cui il mondo veniva descritto con l'aiuto di mappe e con un riferimento ai quattro elementi e a pianeti e costellazioni nel programma della volta. Tale riferimento sopravvive ancora oggi non solo grazie al carattere accomodante e conciliante di Raffaello citato da Vasari nell'illustrare il suo avvicendamento nelle Stanze Vaticane, ma anche per mantenere – *mutatis mutandis* – un programma cosmografico di fondo.

D'altra parte, alla fine degli anni Settanta Rash-Fabbri (Rash-Fabbri 1979) ha notato che la porzione di cielo al di sotto della figura dell'Astronomia è quella intorno al meridiano al momento dell'elezione di Della Rovere (31 ottobre 1503, ore 19:50, come attestato dal *Dispaccio Giustiniani* 612), un segnale che stabilisce una coordinata temporale per la rappresentazione e collega i meccanismi celesti dell'astrologia alla divina provvidenza (Gandolfi 2014) [fig. 2]. Il sottotesto è chiaro: una nuova era di giustizia con sfumature virgiliane (dopo l'età della corruzione di Borgia) è stata inaugurata da Giulio II come secondo Augusto, con una trasparente allusione al tema dell'età dell'oro saturniana. Più recentemente, seguendo una

2.

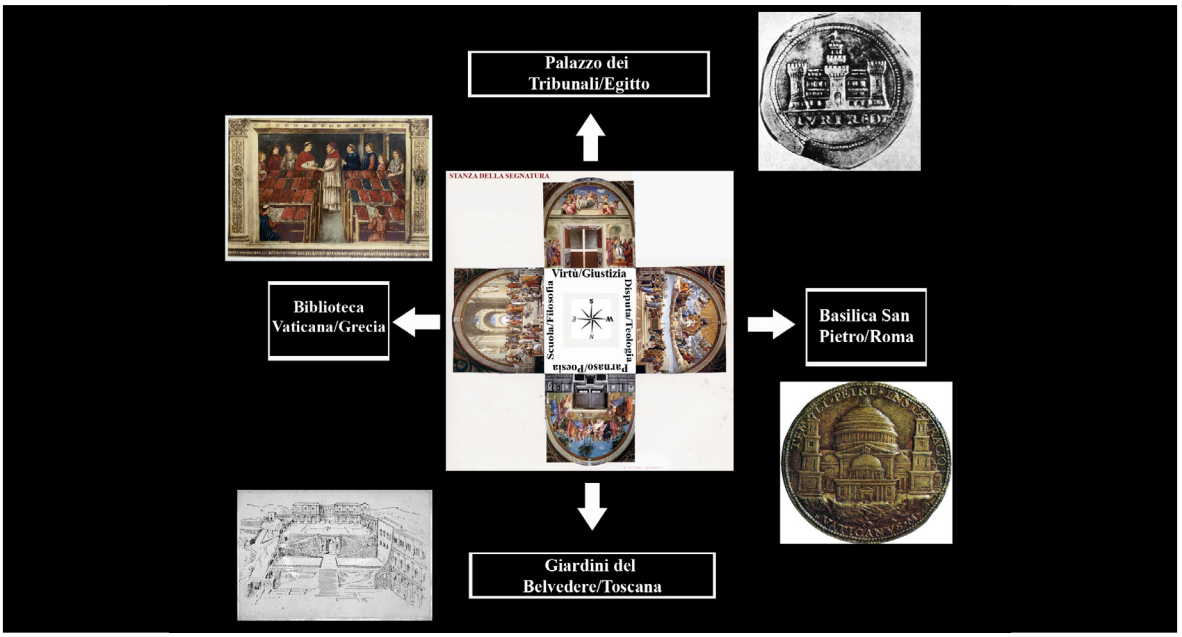


Fig. 3
La Cosmografia orientata nella *Stanza della Segnatura*.
(foto-composizione dell'Autore).

3.

suggestione di Manfredo Tafuri (Tafuri 1984), Christiane Joost-Gaugier (Joost-Gaugier 2002) e Nicholas Temple (Temple 2011) hanno pienamente sviluppato l'idea che questa nuova età giuliana possa essere ancorata topograficamente agli orizzonti romani al di là degli affreschi della stanza, riflettendo allo stesso tempo il cosmo rinascimentale e la nuova pianta della città ideata da Bramante[4]. *La Disputa* e *La Scuola di Atene* sono infatti orientate all'incirca lungo l'asse liturgico Ovest-Est, con i punti di fuga contrapposti di entrambe le prospettive verso la coppia Platone-Aristotele e l'ostensorio dell'altare e allo stesso tempo verso la Biblioteca Vaticana e la Basilica di San Pietro, unendo filosofia greca e teologia trinitaria occidentale. Sull'altro asse, il Parnaso è rivolto a Nord, verso i giardini papali e la Toscana, mentre le Virtù sono in direzione Sud-Est[5], dove si trova il nuovo tribunale romano iniziato da Bramante e più in lontananza l'Egitto, culla del diritto [fig. 3].

La Sala può quindi probabilmente essere vista come un microcosmo al centro della cristianità, incapsulato ricorsivamente in un macrocosmo stratificato: la terra nell'orologio dell'universo tolemaico che indica il momento dell'elezione di Giulio; Roma nel mezzo dell'ecumene, incastonata tra l'antica sapienza dell'Egitto, l'eredità razionale della Grecia, la superiorità della Chiesa d'Occidente e l' Etruria sede primordiale di Giano-Saturno; il palazzo papale circondato dal palazzo dei Tribunali in via Giulia, la Biblioteca Vaticana fondata da Sisto IV nell'ala orientale, i lavori in corso della Basilica di San Pietro in occidente e i Giardini del Belvedere a nord. Infine, sovrapposte a questi orizzonti più o meno lontani, le scene di Raffaello allegorizzano e mimetizzano l'intera cosmografia filosofica e morale che comprende l'osservatore e il Pontefice al centro della Sala. In definitiva, una magistrale e vertiginosa *mise en abyme* dell'intera cultura rinascimentale.

La *Loggia di Galatea* di Peruzzi: un dialogo pagano tra paesaggio urbano e paesaggio celeste

La celebre Villa Farnesina di Roma, elegante ritiro cinquecentesco del banchiere senese Agostino Chigi, costruita lungo il Tevere e affrescata da Raffaello e Sebastiano del Piombo, è un capolavoro dell'arte rinascimentale noto per la sua paradigmatica volta astrologica[6] [fig. 4]. Le decorazioni astrali della *Loggia di Galatea*, dipinte dall'architetto dell'edificio Baldassarre Peruzzi nel 1511, sono state studiate nel corso del XX secolo da iconologi del calibro di Aby Warburg e Fritz Saxl (Lippincott 1991), e la loro natura oroscopica è stata dimostrata sulla base del battesimo di Chigi (Rowland 1984).

Se la data di nascita e le corrispondenti posizioni planetarie rappresentate nella Loggia sono certe e confermate, per l'ora dell'oroscopo sono stati proposti molti scenari diversi ma ugualmente consistenti[7]. Alcuni anni fa ho dimostrato, sulla base dell'orientamento della facciata orientale della villa, dove la loggia si affaccia sui giardini (con un azimut di 66,4°+/-0. 1° corrispondente al punto in cui sorge 18° *Tauri*) e della congruenza del planisfero tracciato sulla volta con il cielo reale sopra la villa, che le ore italiche sono la giusta convenzione e che l'oroscopo di Chigi presenta un ascendente in 18° *Tauri* e un *Medio Caeli* in 26° *Capricorni* (Gandolfi, Calabresi 2021). Questi valori sono confermati dai pannelli centrali della sala, dove Peruzzi dipinse Perseo che decapita Medusa (con la sua stella *Algol* esattamente al centro: coordinata longitudinale 18° *Tauri*), una scena che rivela l'ascendente e i suoi *paranatellonta* adiacenti, mentre Elice, in sella al suo Carro sul lato destro, indica la costella-

4.

5.

zione dell'Orsa Maggiore attraversata dal cerchio del *Medio Caeli* verso Nord (incontrando l'eclittica a Sud alla coordinata longitudinale di 26° *Capricorni*).
Particolarmente sorprendente è il fatto che con questa lettura della volta, anche l'asse del *Medium Caeli*, parallelo alla sua diagonale principale, è orientato con precisione verso il punto meridionale in cui quel grande cerchio incontra l'orizzonte, cioè a un azimut di 175° come confermato dall'interno dell'edificio con una misurazione diretta con bussola *Suunto* (Gandolfi, Calabresi 2021). Così, la Loggia e l'intera Villa sono disposte sul terreno secondo i due parametri principali dell'oroscopo del loro proprietario, riflettendo la disposizione favorevole degli astri nel pomeriggio del 29 novembre 1466, data e ora esatte della nascita di Chigi.
Ma la *Loggia di Galatea*, così genialmente e precisamente collegata con il paesaggio del cielo, non è l'unico spazio dell'edificio in corrispondenza con l'esterno:

6.

4.
Baldassarre Peruzzi , La Volta Astrologica della *Loggia di Galatea*, 1511, affresco. Villa Farnesina, Roma.
(foto: Wikimedia).

5.
Baldassarre Peruzzi La Vela di Eridano sul lato orientale della Volta, 1511, affresco. Villa Farnesina, Roma.
Si noti che la divinità fluviale è rivolta verso il Tevere.
(foto dell'Autore).

6.
Baldassarre Peruzzi La Vela di Eridano La parete della *Sala delle Prospettive* con la veduta dipinta in direzione di Roma e del Tevere. 1515-16, affresco. Villa Farnesina, Roma.
Venere e Apollo sono rivolti verso la città, mentre sul Fregio i Carri di Aurora e Apollo sono in corrispondenza dell'orizzonte orientale.
(foto: Wikimedia).

come efficacemente descritto dai poeti-cortigiani Egidio Gallo e Blosio Palladio nelle loro odi all'incantevole palazzo di Venere, l'intera Villa è concepita in un costante dialogo con Roma antica e al tempo stesso con la pianta della città giuliana ideata da Bramante. Uno studio recente (Grantham Turner 2022) ha analizzato le decorazioni esterne in terretta dell'edificio principale, sottolineandone la straordinaria qualità in grado di catturare l'attenzione e l'ammirazione. Allo stesso tempo, considera l'altana-belvedere sulla sommità del tetto e il panorama artificiale della *Sala delle Prospettive* come torri di guardia che dominano il paesaggio circostante, in un doppio gioco di sguardi verso l'interno e verso l'esterno in cui la Villa è allo stesso tempo *spectatrix* e *speculatrix*. E a ben guardare, le corrispondenze sono davvero ovunque.

Nella Loggia, infatti, la vela che rappresenta il dio fluviale Eridano e l'omonima costellazione è rivolta verso il Tevere che scorre lungo il parco [fig. 5], mentre, sul sesto pennacchio all'esterno della loggia verso il giardino, le divinità Mercurio (l'astro dell'impresa trimontiana di Chigi) e Cerere (che qui sta per il segno Vergine, suo domicilio e ascendente della concezione chigiana[8]) guardano il centro della città che un tempo ospitava il loro culto e contemporaneamente verso l'orizzonte orientale ove si levano pianeta e costellazione. Anche nella *Sala delle Prospettive* [fig. 6] il panorama dipinto è una resa realistica di ciò che si trova al di là delle mura, con la vicina porta Settimiana verso sud, monte Mario sul lato nord-occidentale e la città (con archi, edifici, l'ospedale di Santo Spirito, il teatro di Marcello, la torre delle Milizie, ecc.) Queste circostanze suggeriscono che strumenti di precisione per un rilievo del tipo di quello ideato dall'Alberti per la sua "*Descriptio Urbis Romae*" potrebbero essere stati utilizzati dal Peruzzi sul belvedere altana e poi probabilmente convertiti nella mappa murale interna all'edificio. Tale tecnica, che andrebbe verificata in loco con una campagna di misurazioni dirette, sarebbe un'ulteriore testimonianza della cura dell'architetto per l'orientamento[9], già dimostrata nel caso degli allineamenti astronomici della *Sala di Galatea*. Inoltre, le divinità e le scene mitiche del fregio intervallate dalle nicchie e dalle colonne della veduta artificiale[10] appaiono, a loro volta, spesso approssimativamente collegate alle direzioni dello *skyline*[11].

Il *suburbanum* di Agostino Chigi è in definitiva uno straordinario e unico esempio di cosmografia orientata del potere all'alba dell'età moderna, con la sua attenzione esclusiva alla narrazione e all'iconografia classica degli Olimpi e alla topografia della gloriosa città vicina insieme alla sua connessione geometrica con il cielo e con le divinità celesti che presiedettero alla nascita del banchiere. Sembra distillare in perfetta purezza e nel centro stesso del cristianesimo, accanto alla contemporanea cosmografia sacra di Giulio II, l'idea pagana del ritorno degli antichi dei, sancendo senza ambiguità i meccanismi dell'astrologia come vera fisica del mondo naturale.

La *Stanza dell'Aurora* di Zucchi: il matrimonio tra spirito umanistico e divinazione astrale

Ferdinando de Medici era il quinto figlio di Cosimo I e di Eleonora di Toledo, destinato fin da giovanissimo al cardinalato. Dopo anni nel piccolo palazzo Firenze e una complicata ricerca di un palazzo degno di un potente ecclesiastico romano, nel 1576 acquistò i possedimenti del cardinale Ricci al Pincio e affidò il progetto di una nuova villa a Bartolomeo Ammannati. L'architetto progettò un giardino e alcuni edifici, mentre l'edificio principale ospitava una collezione di antichità. Jacopo Zucchi si occupò della decorazione.

L'intera Villa è caratterizzata da simboli solari e astrologici, ma la decorazione dell'appartamento di Fernando è particolarmente interessante e significativa. Nonostante l'incertezza sulla data e l'ora di nascita del Cardinale, il suo poeta-astrologo di fiducia Pietro Angeli di Barga sviluppò un complesso programma ricco di allusioni astrali intorno ai leonini sogni di gloria e al previsto dominio secolare del suo mecenate (Morel 1991), confermato da una coeva tavola in rame di Zucchi che allude al suo oroscopo (Gandolfi 2023) [fig. 7]. Il Leone, il suo segno solare, Giove e il Sole si ripetono inequivocabilmente nella Villa, soprattutto in due ambienti dominati da eleganti volte e fregi, dipinti in stile tipicamente manierista: la *Sala degli Elementi* e la *Sala delle Muse*.

7.
Jacopo Zucchi, *L'Assemblea degli Dei,* 1575-76, olio su rame.
Yale University Art Gallery, New Haven, Connecticut.
Il dipinto è un "oroscopo illustrato" di Ferdinando de Medici che correla gli dei planetari con i segni dello Zodiaco che sovrastano la scena.
(foto: Yale University Art Gallery).

8.

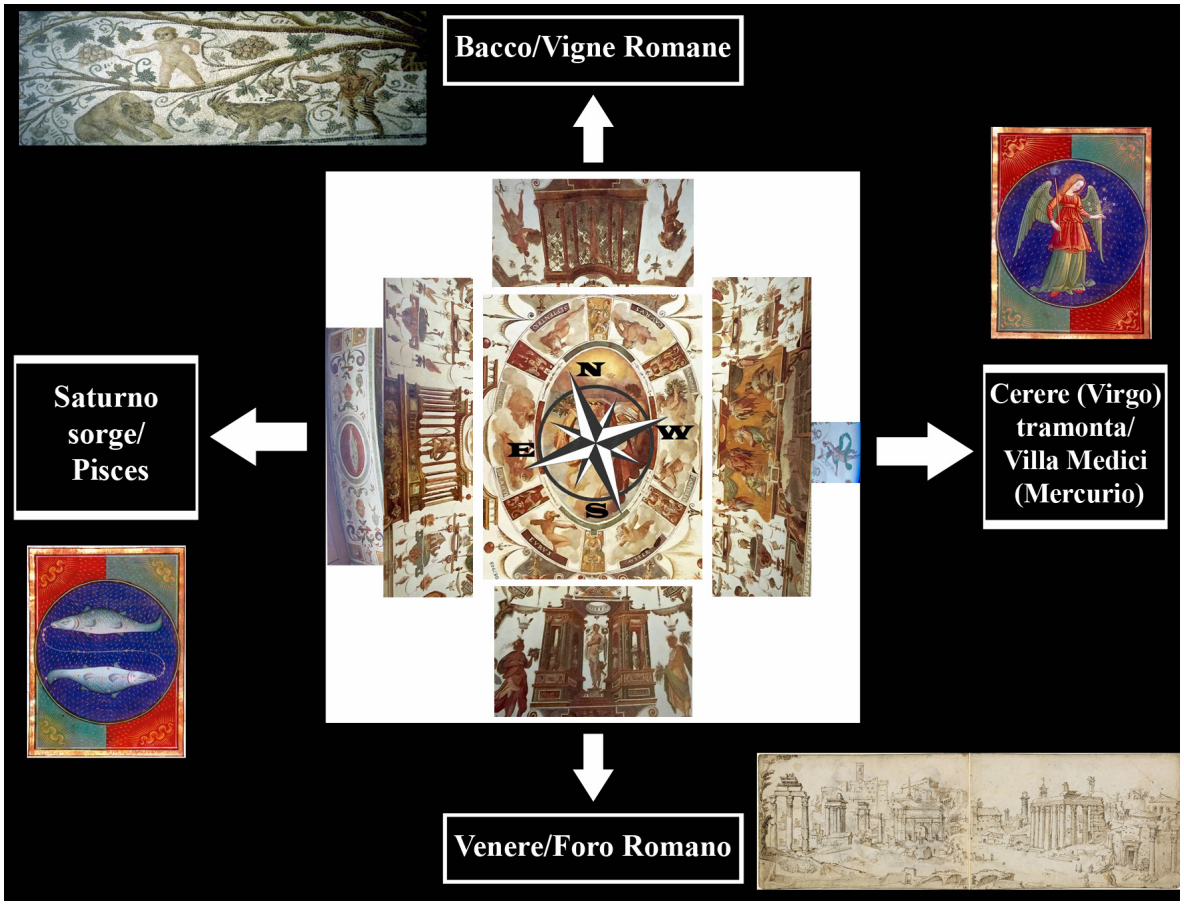
8.
Jacopo Zucchi, *Stanza dell'Aurora* 1576-77, affresco. Padiglione di Ferdinando, Villa Medici. Roma. (foto: Gianluca Masi).

9.
Jacopo Zucchi, Volta della *Stanza dell'Aurora*. 1576-77, affresco. Padiglione di Ferdinando, Villa Medici. Roma. (foto: Gianluca Masi).

I primi interventi architettonici nella Villa, tra il 1476 e il 1477, comprendevano un piccolo padiglione costruito sulle mura aureliane e rivolto a Nord-Est, oggi chiamato "padiglione di Ferdinando" (Darragon 1991), che già mostrava inequivocabilmente i segni di questo programma astrologico carico di favorevoli presagi celesti. Gli ambienti principali di questo edificio periferico sono una *Sala degli Uccelli* e una più piccola *Sala dell'Aurora*, che probabilmente era uno studiolo [fig. 8]. Quest'ultima presenta una decorazione con piccole scene e grottesche lungo le pareti e un'interessante volta [fig. 9], chiaramente orientata topograficamente. Al centro della decorazione si trova Aurora (Eos) con il marito Astreo, circondata dai venti e dai segni zodiacali che compongono una gigantesca rosa dei venti, correttamente orientata verso i punti cardinali. Attorno a questa scena centrale si distribuiscono le quattro stagioni in corrispondenza delle pareti: la scelta specifica dei loro ambasciatori (Saturno, Venere, Cerere, Bacco) permette una costruzione polisemica, sia astrologica che topografica, che richiama Villa Farnesina.

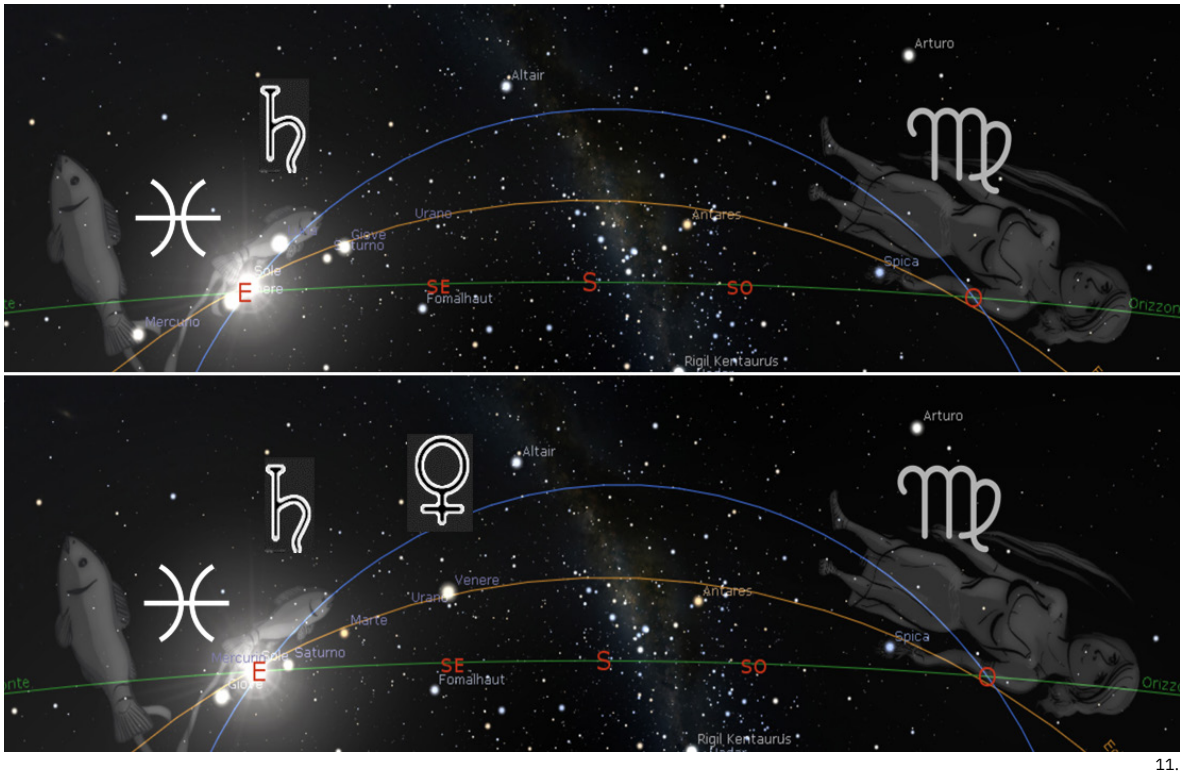
Come in molti altri casi, l'orientamento è approssimativo e non calcolato con grande precisione, tuttavia Bacco è rivolto a Nord-Ovest (i venti Settentrione e Cauro compaiono sulla volta) verso le tradizionali vi-

9.



10.

10.
La cosmografia orientata nella *Stanza dell'Aurora*. (fotocomposizione dell'Autore).



11.

11.
Sopra: il cielo romano dell'equinozio di primavera del Marzo 1583 (Grande Congiunzione Giove-Saturno nei Pesci) all'alba. Sotto: il cielo romano dell'equinozio di primavera del Marzo 1584 (Stellium Mercurio-Sole-Marte-Giove-Saturno tra Ariete e Pesci e Venere alla massima elongazione verso Sud-Est). (immagine creata con Stellarium 1.2.).

12.
Anonimo, La fascia Zodiacale sopra il Giudizio di Paride sul lato settentrionale della facciata orientale di Villa Medici. Roma. 1584-85. Si noti la coppia Scorpione-Bilancia all'apice dell'arco, una ermetica referenza Medicea alla Grande Congiunzione del 1484, un secolo esatto prima. (foto: Gianluca Masi per cortesia di Villa Medici).

12.

gne romane (oggi Prati e Flaminio), mentre Venere – patrona della *Gens Iulia* e simbolo del potere imperiale di Roma – è rivolta a Sud-Est (corrispondente ai venti Euro e Austro) in direzione del centro della città (Campidoglio e Fori). Questo ancoraggio topografico lungo l'asse Nord-Sud, che ricorda le divinità della *Sala delle Prospettive* della villa Farnesina (dove a Ovest si affacciano appunto Mercurio e Cerere!), lascia spazio sulle pareti ortogonali a una scelta di divinità che rimanda soprattutto a una configurazione astrale; lì infatti Saturno è rivolto a Nord-Est (venti Aquilone e Solano), dove (e quando) nelle albe della primavera del 1583 e del 1584 una serie portentosa di eventi astronomici minacciava di scuotere il mondo e allo stesso tempo probabilmente prometteva di garantire la giusta successione al granducato di Toscana[12] [fig. 10]. Il dio del tempo, rappresentato mentre divora uno dei suoi figli, appare circondato sulla parete da pesci di ogni tipo, alludendo al suo ultimo saluto alla costellazione dei Pesci e alla conclusione di una trentennale rivoluzione di Saturno, ma soprattutto a un'epocale grande congiunzione Saturno-Giove nello stesso segno, che secondo molti astrologi europei avrebbe presagito cambiamenti di governo e per alcuni addirittura l'Apocalisse[13]. Sull'altro lato Cerere con in mano delle spighe di grano sta probabilmente per la Vergine[14] (come a villa Farnesina), costellazione che tramonta a Sud-Ovest nello stesso momento (venti Africo e Favonio) [fig. 11]. Una veduta dipinta dell'edificio principale nella stessa direzione evoca ciò che si trova al di là del muro e il dio Mercurio appare al di sotto della suggestiva scena, alludendo sia al pianeta che ha il suo domicilio in Vergine sia al dominio umanistico della villa, decorato davanti all'ingresso del giardino proprio da una fontana con la famosa statua bronzea di Mercurio del Giambologna.

Con ogni probabilità, la decorazione compone una cosmografia orientata che tiene conto dell'orizzonte romano e di uno specifico *Skyscape* temporalmente vincolato dalla natura della dea al centro della volta (Eos, rappresentata con il carro del Sole che emerge dal lato notturno della terra, che fissa il momento dell'alba) e dal pianeta Saturno e dai segni zodiacali Pesci e Vergine, che fissano rispettivamente il tempo in un ciclo trentennale di Saturno (1582-4) e le costellazioni a Est e a Ovest all'inizio della primavera. Gli anni 1583-4, in particolare, sono fortemente implicati da altri dettagli della decorazione della Villa, che si concentra astrologicamente sull'importanza dell'imminente Grande Congiunzione (la fascia zodiacale sopra il bassorilievo del giudizio di Paride sulla facciata orientale dell'edificio principale è dominata dalla coppia medicea Scorpione-Libra che rimanda alla grande congiunzione del 1484, esattamente un secolo prima[15] [fig. 12]) e sul ruolo cruciale associato al passaggio dalla triplicità zodiacale dell'acqua a quella del fuoco (nella volta della *Sala delle Muse* [fig. 13]). Venere può rappresentare o meno il corpo celeste a seconda dell'anno: se la cosmografia si riferisce al marzo 1584 (quindi all'anno successivo alla Grande Congiunzione, quando tutti i pianeti formarono un raro *stellium*[16] tra Ariete e Pesci, portato ancora all'at-

13
Jacopo Zucchi, Volta della *Sala delle Muse*, Villa Medici, Roma. 1584-85. Le non comuni Triplicità Tolemaiche Zodiacali della decorazione sottolineano l'interesse per il Congiunzionismo e la Storia Astrologica. (foto: cortesia di Villa Medici).

13.

tenzione europea da Leowitz nel suo "*Prognosticon*"), il pianeta si trovava infatti alto a Sud-Est alla massima elongazione durante l'alba, corrispondente alla sua posizione sull'affresco come dea dell'amore.

Così, il sistema di decorazione dello studiolo del cardinale Ferdinando – un pezzo davvero sofisticato di divinazione astrale – collega in un'unica stanza dipinta il fatidico paesaggio astrale che può riferirsi alla

congiunzione del 1583 o allo *stellium* del 1584 e un omaggio a Roma considerata con spirito umanistico come la terra degli antichi dei e la sede dell'*Imperium*. Il risultato è un mix dei programmi architettonici e decorativi della *Stanza della Segnatura* e di Villa Farnesina, ma in scala ridotta e con un umore introverso intriso di profezia. L'autore del programma Bargeo, infatti, aggiunge una spezia al manufatto; egli esalta esplicitamente e in puro stile virgiliano il ritorno di Saturno e di una nuova età dell'oro sotto l'imminente regno mediceo[17] come nella *Stanza della Segnatura*: *Iam redit et Virgo, Redeunt Saturnia Regna,* o per citare l'impresa di Lorenzo il Magnifico, *Le Tems Revient*, che è lo stesso sogno di Della Rovere ma scalato all'austero scenario post-tridentino.

Conclusioni

I tre esempi architettonici che ho proposto integrano perfettamente paesaggio e cielo e sono una prova del sofisticato livello di olismo e di interazione della conoscenza scientifica con la religione, l'arte e l'architettura raggiunto dall'*intelligenzia* rinascimentale. L'evidenza indica che le cosmografie analizzate, sebbene collocate in contesti diversi (la prima negli appartamenti privati del Papa, che riflette sia la sua temporalità sia la sua spiritualità come guida della cristianità; la seconda in una villa laica concepita come un ambiente patrizio, edonistico e al limite del paganesimo; e la terza in un ritiro cardinalizio, a prima vista più modesto e convenzionale, ma che nasconde l'ambizione politica di trasformare la residenza ecclesiastica in una residenza principesca) condividono lo stesso sogno di universalità e manifestano lo stesso bisogno di una legittimazione che viene dal cielo, cioè dal di fuori del regno umano. Come proposto da Pierguidi per la *Stanza della Segnatura*, tali stanze ed edifici sono *Theatra Mundi* (Pierguidi 2010) che ruotano attorno alla personalità dei loro proprietari e sono incentrati sulla cultura e sulla geografia occidentali, ma alla fine riflettono una comprensione comune della forma e delle funzioni del mondo come microcosmo incapsulato in un macrocosmo ordinato, al tempo stesso naturalistico e infuso di sacralità, organico e meccanico, misurabile e morale. Queste cosmografie, che uniscono paesaggio terrestre e paesaggio celeste, sono le complesse eredi di antichissime sedi di potere e architetture dialoganti con la terra e il cielo svelate dall'archeoastronomia, da Giza e Karnak in Egitto, a Uxmal e Chichen Itza nello Yucatan (Magli 2020), alle Ziqqurat della Mesopotamia (Nadali, Polcaro 2016), ai palazzi imperiali dell'antica Roma e di Costantinopoli sempre affiancati da circhi orientati per le corse dei carri che rappresentano il cosmo (Stierlin 1986). Prefigurano allo stesso tempo, nell'evoluzione della cartografia rinascimentale, le moderne stanze delle mappe incarnate dalla *Sala del Guardaroba* di Palazzo Vecchio a Firenze; un modello che persisterà nei secoli successivi, disincantando lentamente il mondo e perdendo la presa sulla topografia circostante, pur mantenendo una narrazione simbolica del potere politico e religioso[18]. D'altra parte, questi nodi allegorici di terra e cielo – ben radicati topograficamente nel luogo in cui sorgono – hanno origine nella necessità di rintracciare (e di ancorarsi a) la fonte cosmica del potere che rappresentano. Ci ricordano, come ha stabilito l'antropologia comparata, che questa fonte è sempre il cosmo e che nelle culture antiche (anche nel Rinascimento):

"lo stato umano era la realizzazione di un ordine politico prefigurato nel cosmo: lo stato discendeva dal cielo alla terra – piuttosto che gli dei dalla terra al cielo [per imitazione delle strutture sociali esistenti]"[19].

Questi risultati incoraggiano a estendere lo studio ad altre rappresentazioni astrali possibilmente orientate del medioevo e del rinascimento, ad esempio la *Cappella Sistina* e la *Sala dei Pontefici* in Vaticano per quanto riguarda gli ambienti sacri, ma anche il *Salone dei Mesi* di Palazzo Schifanoia a Ferrara e la *Sala della Cosmografia* nel Palazzo Farnese di Caprarola nel dominio dell'architettura profana.

Tutti questi monumenti potrebbero essere cosmografie mascherate che uniscono cielo e terra?

Note

1. Silva F., Campion N., *Skyscapes: The Role and Importance of the Sky in Archaeology.* 2015. Oxford: Oxbow Books, p. 3.
2. Ma quest'ultimo mascherava la sua smisurata ambizione cosmica con una vena ludica ed erudita particolarmente adatta al sofisticato ambiente umanistico della Roma rinascimentale.
3. Secondo molti studiosi si trattava di uno studio che probabilmente ospitava la biblioteca del papa, dove in origine si trovava la Segnatura di Grazia (massimo tribunale vaticano). Per una trattazione classica delle Stanze di Raffaello si vedano Redig de Campos, 1965 e Shearman, 1972.
4. Donato Bramante fu l'architetto capo di Giulio II, un Papa che dall'ottobre 1508 progettò numerosi cambiamenti nella disposizione urbana, la maggior parte dei quali mai realizzati. Tra i famosi progetti di Della Rovere: il nuovo San Pietro, il Cortile del Belvedere trasformato in Villa, Via Giulia con il Palazzo dei Tribunali, Via della Lungara come asse parallelo a Via Giulia, ecc. (Frommel, 1986).
5. Le Virtù sono leggermente decentrate a causa dell'asimmetria della disposizione geometrica interna della camera e della disposizione delle finestre (Temple, 2011).
6. Il riferimento bibliografico principale per la villa è Frommel, 2003.
7. Scegliendo le ore italiche (contate dal tramonto: Lippincott, 1990 e Schiller, 1993), le ore francesi o astronomiche (contate dalla mezzanotte: Quinlan McGrath, 1984 e 1995) oppure ancora il Tempo Siderale (una notazione molto tecnica: Esteban Lorente, 2014).
8. Si veda Quinlan-MacGrath, 1984.
9. Munoz-Vera, 2018.
10. Per una accurata discussione del fregio si veda Ewering, 1993.
11. Tra i tanti possibili riferimenti al paesaggio e al cielo, vorrei

proporre: Venere verso il centro di Roma in quanto protettrice della città imperiale; il Carro di Apollo nel fregio verso l'Oriente dove sorge il sole [Fig. 6]; Nettuno verso il mare a sud; Alcione e Ceix nel fregio che rappresenta i giorni di Alcione del solstizio d'inverno verso il litorale a sud-ovest dove il sole tramonta a dicembre; Deucalione e Pirra verso il colle del Gianicolo a ovest che rappresenta il Parnaso dove gli sposi sbarcarono dopo il diluvio e un Trionfo di Bacco sempre nel fregio in direzione dei vigneti di Roma a nord.

12. Morel (1991) discute a lungo il valore dinastico dell'astrologia di Villa Medici, concentrandosi in particolare sulle triplicità e sul passaggio dal regno toscano di Francesco I simboleggiato dall'Ariete a quello di Ferdinando rappresentato dal Leone, ma tralascia il necessario collegamento con la Grande Congiunzione Giove-Saturno del 1583 e con tutti gli altri prodigi celesti di quegli anni.

13. La previsione che generò il grande flusso di pronostici e interpretazioni chiliastiche sulla Grande Congiunzione del 1583 e sulle sue conseguenze fu quella di Cyprian Leowitz, nel suo *De coniunctionibus magnis* (1564). L'analisi dell'astrologo boemo condizionò tutte le successive discussioni europee. Si veda ad esempio Lynn, 1900; Aston, 1970 e Kociszewska, 2010.

14. Nella letteratura astrologica Cerere è considerata la dea protettrice della Vergine (cfr. Manilio, *Astronomica*, II, 442) o addirittura identificata con la figura onorata dalla costellazione (Igino, *Poetica Astronomica*, II, 25).

15. Questa moderna aggiunta all'antico e celebre bassorilievo di un sarcofago romano, che conferma l'uso della storia astrologica e della divinazione astrale nella Villa, può essere datata al 1583-85, quando fu completata la decorazione della facciata orientale. La coppia Scorpione-Libra è un importante simbolo dell'Astrologia medicea che rimanda alla Profezia dantesca del Veltro ripresa per il 1484 da Cristoforo Landino: cfr. Gandolfi, 2019.

16. l termine tecnico *stellium* indica la congiunzione o il raggruppamento di 3 o più pianeti nello stesso segno zodiacale o nella stessa casa astrologica.

17. Per un'utile panoramica sull'uso dell'astrologia profetica e propagandistica da parte dei Medici, si veda Cox-Rearick, 1984.

18. Mark Rosen (Rosen, 2015) chiarisce bene che nella cartografia antica e moderna la scienza è inestricabilmente intrecciata con il simbolismo, la propaganda e persino la spiritualità, in un sistema di rappresentazione che si sforza di costruire il Cosmo più che di descriverlo asetticamente. Il paradigma di questa attività di costruzione del mondo è proprio la Sala del Guardaroba medicea.

19. Graeber e Sahlins (2017).

Bibliografia

Aston M. (1970). The fiery trigon conjunction: An elizabethan astrological prediction. In *Isis* vol.61, n.2, pp. 159-187.

Cox-Rearick J. (1984). *Dynasty and Destiny in Medici Art: Pontormo, Leo X and the Two Cosimos*. Princeton: Princeton University Press.

Darragon E.(1991). Le Stanzino d'Aurore. In *La Villa Médicis*, vol. II. Roma: Academie de France à Rome/ Ecole Française de Rome.

Esteban Lorente J. F. (2014). El Horoscopo de Agostino Chigi en la Farnesina de Roma. In *Ars Renovatio*, n.2, pp. 3-19.

Ewering U. (1993). *Der mythologische Fries der Sala delle Prospettive in der Villa Farnesina zu Rom*, Vol. 40, Münster: LIT Verlag.

Frommel C.L. (2003). *La Villa Farnesina a Roma*. Modena: Cosimo Panini.

Gandolfi G. (2014). Realismo e Verosimiglianza nel Contenuto Astronomico di Opere d'Arte Rinascimentali. Parte II: il Caso dell'Astronomia di Raffaello nella Stanza della Segnatura. In *La misura del tempo*. Atti del XIII Convegno della Società Italiana di Archeoastronomia. Sassari, 14-16 novembre 2013, pp.173-192. Sassari: Mediando.

Gandolfi G. (2019). Marcantonio Raimondi's Zodiacal Sibyls. In Zirpolo L. (a cura di). *Esoteric Traditions and Their Impact on Early Modern Art*, pp.77-94. NJ (USA): Zephyrus Scholarly Publications LLC.

Gandolfi G., Calabresi M.(2021). Et Summis Surgentia Tecta sub Astris: Villa Farnesina come edificio astrologicamente orientato. In Antonello E. (a cura di). *Ex Oriente: Mithra and the Others*. Atti del XVIII Convegno della Società Italiana di Archeoastronomia. Roma, 6-8 settembre 2017, pp.223-242. Padova: Padova University Press.

Gandolfi G. (2023). Two Illustrated Horoscopes of the Italian Renaissance. In *Paragone: Past and Present*, vol.4 n. 1,pp. 45-69.

Graeber D., Sahlins M. (2017). *On kings*. Chicago: Hau Books.

Turner J.G. (2022). *The Villa Farnesina: Palace of Venus in Renaissance Rome.* Cambridge: Cambridge University Press.

Kociszewska E. (2010). Astrology and empire. A device for the Valois king of Poland. In *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes*, vol. 73,1, pp. 221-255.

Joost-Gaugier C. L. (2002). *Raphael's Stanza della Segnatura: Meaning and Invention*. Cambridge: Cambridge University Press.

Lippincott K. (1990). Two Astrological Ceilings reconsidered: the Sala di Galatea in Villa Farnesina and the Sala del Mappamondo at Caprarola. In *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes*, n.53, pp. 185-196.

Lippincott K. (1991). Aby Warburg, Fritz Saxl and the Astrological Ceiling of the Sala di Galatea. In Bredekamp H., Diers M., Schoell-Glass C. (a cura di). *Sonderdruck aus: Aby Warburg.* Akten des Internationalen Symposions. Hamburg 1990, pp. 213-232. Weinheim: Acta Humaniora.

Lynn W. T.(1900). A comet predicted in 1584. In *The Observatory,* n.23, pp. 97-98.

Magli G. (2020). *Archaeoastronomy: introduction to the science of stars and stones*. Switzerland AG: Springer Nature.

Morel P. (1991). Le Parnasse Astrologique. Les dècors peints pour le cardinal Ferdinand de Médicis. Etude iconologique. In *La Villa Médicis*, vol. III, Roma: Academie de France à Rome/ Ecole Française de Rome.

Munoz-Vera G. (2018) Inhabiting the Stage: The Viewer inside Baldassare Peruzzi's Sala delle Prospettive. *In The International Journal of the Image*, 9, 1, pp. 43-56.

Nadali D., Polcaro A. (2016). The Sky from the High Terrace: Study on the Orientation of the Ziqqurat in Ancient Mesopotamia. In *Mediterranean Archaeology & Archaeometry*, vol.16, n.4.

Pierguidi S. (2010). Theatra mundi rinascimentali: Sulla Stanza della Segnatura e la Sala della Guardaroba di Palazzo Vecchio. In *Marburger Jahrbuch für Kunstwissenschaft,* n.37, pp. 151-166.

Quinlan-McGrath M (1984). The Astrological Vault of the Villa Farnesina: Agostino Chigi's Rising Sign. In *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes*, vol.47, pp. 91-105.

Quinlan-McGrath M. (1995) The Villa Farnesina, Time-Telling Conventions and Renaissance Astrological Practice. In *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes*, n. 58, pp. 53-71.

Rash Fabbri N. (1979). A note on the Stanza della Segnatura. In *Gazette des Beaux-Arts*, n.94, pp. 97-104..

Redig de Campos D. (1965). *Raffaello nelle Stanze*. Milano: Aldo Martello Editore.

Rosen M. (2015). *The Mapping of Power in Renaissance Italy.* Cambridge: Cambridge University Press.

Rowland I.D. (1984) The Birth Date of Agostino Chigi: Documentary Proof. In *Journal of the Warburg and Courtau*ld *Institutes*, vol.47, 1, pp. 192-193.

Saxl F. (1934) *La fede astrologica di Agostino Chigi: interpretazione dei dipinti di Baldassare Peruzzi nella Sala di Galatea della Farnesina*. Roma: Reale Accademia d'Italia.

Shearman J. (1972). The Vatican Stanze: Functions and Decoration. In *Proceedings of the British Academy,* vol. 57. London: Oxford University Press.

Silva F., Campion N. (2015). *Skyscapes: The Role and Importance of the Sky in Archaeology.* Oxford: Oxbow Books.

Stierlin H. (1986). *L'astrologie et le pouvoir: de Platon à Newton.* Parigi: Payo.

Tafuri M. (1984). Roma instaurata: Strategie urbane e politiche pontificie nella Roma del primo'500. In Frommel C.L., Ray S, Tafuri M. (a cura di). *Raffaello architetto, catalogo mostra*, pp.59-106. Milano: Electa Editrice.

Temple N. (2011). *Renovatio Urbis. Architecture, Urbanism and Ceremony in the Rome of Julius II*. NY: Routledge.

Gli asterismi dell'Ariete e della Bilancia nella meridiana del Salone della Meridiana del Museo Archeologico Nazionale di Napoli.

Meridiane orizzontali in Europa tra XV e il XXI secolo: una proposta di catalogazione

Abstract

Obiettivo del presente lavoro è esplicitare parametri che permettono di descrivere e di classificare linee meridiane che si trovano al chiuso, di tipo orizzontale, che indicano solo l'ora del mezzogiorno.
Si considerano manufatti del territorio europeo, realizzati tra il XV e il XXI secolo. Vengono esplicitati gli aspetti geometrici che li caratterizzano, ma anche le domande di tipo astronomico, le esigenze di tipo civile o liturgico per cui sono state realizzate le meridiane in diversi contesti storico-culturali. Si esplicitano gli aspetti legati all'architettura, e alle diverse arti che hanno contribuito alla loro realizzazione.

The aim of this paper is to explain parameters that allow to describe and classify horizontal, internal meridian lines, indicating only the time of noon.
They are considered artifacts of the European territory, made between the fifteenth and twenty-first centuries. The geometric aspects that characterize them are explained, but also the astronomical questions, the needs of a civil or liturgical type for which sundials have been made in different historical-cultural contexts. The aspects related to architecture and the different arts that have contributed to their realization are explained.

Parole chiave

Linea meridiana
Parametri di catalogazione
Relazioni geometriche
Orologio del mezzogiorno
Strumenti astronomici

Nicoletta Lanciano
Università degli Studi di Roma "La Sapienza"
SIA – Società Italiana di Archeoastronomia
→ nicoletta.lanciano@uniroma1.it

Introduzione

Il lavoro presenta una proposta di parametri per la catalogazione relativa alle meridiane orizzontali che si trovano al chiuso, che indicano solo l'ora del mezzogiorno in quanto inserite nel piano meridiano.
Meridiane di questo tipo, tracciate tra il XVI e il XXI secolo, si trovano numerose in Italia e in Francia e praticamente solo in Europa: costituiscono quindi un patrimonio raro ed eccezionale nel mondo, prezioso da salvaguardare e conoscere, perché segno delle domande che la scienza si è posta e di come le ha elaborate con la concorrenza di astronomia, geometria, arti e artigianati, aspetti architettonici e urbanistici, e il disegno in diverse forme.
La presente ricerca è di tipo qualitativo: si discutono parametri relativi a molte linee meridiane ma anche elementi specifici e originali, presenti in almeno una di esse. Si tratta talvolta di linee molto essenziali o invece di manufatti che caratterizzano uno spazio e lo trasformano anche in senso estetico.

Obiettivo

Obiettivo del lavoro è esplicitare e discutere parametri, non sempre presenti in letteratura, che permettono di descrivere e di classificare tali manufatti del territorio europeo. I parametri considerati sono spesso non escludenti uno con l'altro, ma hanno piuttosto delle intersezioni.

Metodi e strategie di ricerca

Nella ricerca si fa ampio riferimento a rilievi e fotografie dell'autrice e a informazioni bibliografiche a cui ha ampiamente contribuito, sia a livello nazionale che internazionale.
Fonti bibliografiche privilegiate sono i due volumi *Les méridiennes du monde et leur histoire* di Andrée Gotteland (Gotteland, 2008) che prende in considerazione meridiane di 28 paesi del mondo, e per l'Italia il censimento di Giorgio Mesturini del 2002 aggiornato nel 2005 (Mesturini, 2005): entrambi gli autori considerano anche tipologie di meridiane non prese in esame in questo lavoro.
La discussione dei parametri di catalogazione si avvale del confronto con ricercatori di diversi settori e della letteratura disponibile. In alcuni casi la ricerca è ancora aperta per rispondere ad aspetti problematici o per la difficoltà di raggiungere documentazione affidabile. Una ricerca di questo tipo non può mai dirsi completa per la continua realizzazione di nuovi manufatti ed è legata alla loro scomparsa totale o parziale, e ai rifacimenti. Il presente lavoro potrà essere di base per rassegne iconografiche, corredate da documenti storici e descrittivi, di tale patrimonio.

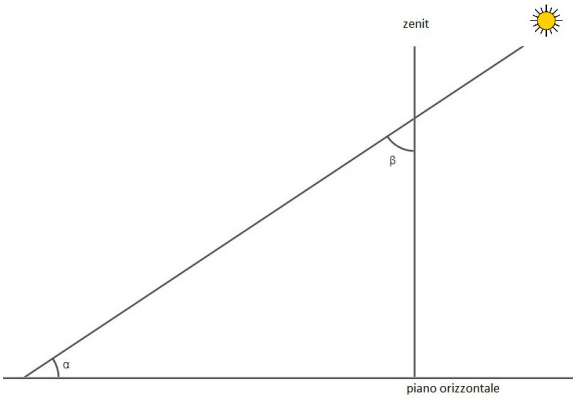
Tipologia di meridiana

Una linea meridiana è un manufatto con una linea orientata Nord-Sud, tracciata sul piano orizzontale e di un piccolo foro praticato in alto, su una superficie a Sud (in Europa), da cui possa entrare il raggio del Sole al mezzogiorno solare vero locale. In tali manufatti la luce del Sole entra in uno spazio chiuso e interseca la linea nei diversi giorni dell'anno in punti diversi in relazione all'inclinazione dei raggi solari sul piano orizzontale [fig. 1].
Non si considerano in questo lavoro le linee meridiane che si trovano in spazi semi aperti, quali loggiati, o di tipo a riflessione o le meridiane in piena luce in cui è presente uno gnomone, verticale o polare, di cui si considera l'ombra e la linea è tracciata all'aperto, né orologi solari che indicano solo il mezzogiorno ma di tipo verticale.

Tipologia di meridiane	
considerate in questo lavoro	in spazi chiusi, orizzontali, che segnano solo il mezzogiorno
	a camera oscura
	non a camera oscura
non considerate in questo lavoro	in piena luce (con obelischi o colonne verticali o polari che proiettano ombra)
	a riflessione (che sono interne ma indicano anche altri orari)
	verticali del mezzogiorno

Edifici e committenza

Linee meridiane sono presenti in edifici pubblici o privati, religiosi o di carattere scientifico in stretta relazione con la committenza della meridiana stessa. Alcuni strumenti sono stati adibiti all'insegnamento



1.

1.
Schema di meridiana orizzontale con il Sole a Sud e la linea meridiana verso Nord.

dell'astronomia di posizione e si trovano in strutture quali università e collegi. Alcune meridiane tracciate in palazzi e in specole di privati, sono difficilmente accessibili.
In gran parte sono in edifici religiosi, chiese e conventi, grazie all'ampiezza e altezza degli spazi a disposizione per cui è stato possibile avere linee assai lunghe e la grandezza, in questo strumento, permette maggiore affidabilità e precisione. Molte sono negli osservatori astronomici in ragione del loro uso collegato ad altri strumenti di osservazione.

Edifici
spazi pubblici, spazi comuni, scuole e università
spazi privati, saloni o osservatori astronomici
religiosi, da chiese monumentali a piccole sacrestie, saloni e corridoi di conventi
di carattere scientifico, osservatori astronomici

Committenza
pubblica
privata
religiosa
scientifica - astronomica

Distribuzione geografica
La distribuzione geografica delle meridiane considerate coinvolge unicamente i paesi europei, questi infatti contengono la quasi totalità di tali manufatti a livello mondiale.
In particolare, linee meridiane si trovano in grande abbondanza in Italia e in Francia: in Italia sono 84 quelle censite da Giorgio Mesturini nel 2005 e circa 30 in Francia, censite da Andrée Gotteland nel 2008. Negli altri paesi d'Europa se ne trovano poche unità.

Distribuzione Geografica
Italia
Francia
resto d'Europa (non sono considerate le meridiane interne del mezzogiorno nel resto del mondo)

Uso e scopi
Tra gli utilizzi che avevano le varie meridiane quando sono state costruite alcuni li conservano anche oggi. Tra questi:
- la funzione di orologio perché il passaggio della traccia del Sole sulla linea segna il mezzogiorno locale vero, o altro tipo di ora ove specificato;
- la funzione di calendario, che indica il periodo dell'anno, attraverso il mese o il segno zodiacale;
- la determinazione di alcune coordinate del Sole e la loro variazione;
- una funzione didattica e di divulgazione dell'astronomia.

Tali oggetti sono nati spesso per uso precipuamente astronomico in quanto linee orientate nella direzione dei poli geografici, quindi materializzazione di un tratto di meridiano locale, utile per orientare gli strumenti quali gli strumenti dei passaggi e altri, presenti negli osservatori astronomici; sono stati utili anche per la misura e il controllo della variazione dell'inclinazione dell'asse terrestre rispetto al piano dell'eclittica, attraverso la diversa lunghezza della linea meridiana stessa raggiunta dal Sole [fig. 2].
Sono stati usati per conoscere l'esatta durata dell'anno, e per controllare il calendario, dopo la Riforma Gregoriana del 1582 con la nuova determinazione degli anni bisestili.
In particolare, si è avuto un uso liturgico con grande attenzione al calcolo del giorno e dell'ora dell'e-

2.

2.
Meridiana di Santa Maria Novella a Firenze. Limite del bordo della luce solare al Solstizio d'Inverno nel 1575 e nel 2022.

quinozio di marzo, per definire la data della Pasqua cristiana. Sono serviti anche per regolare gli orologi da torre e le campane, per cui erano detti *ad usum campanae* e per regolare gli orologi a pendolo degli osservatori.
Un problema di tipo geografico-topografico di grande rilevanza nella seconda metà del XVIII secolo era la misura del grado di meridiano, calcolato in diversi punti d'Europa: a tale scopo serviva una base operativa per i lavori di triangolazione, che fornisse la direzione del meridiano.
In alcuni contesti sono serviti ad uso civile per le zone portuali per i commerci e il traffico navale, o di utilità pubblica per il passaggio da un sistema di calcolo delle ore ad un altro: a Milano nel 1786 con una ordinanza è stato decretato che dal 1 Dicembre successivo "gli orologi pubblici devono essere regolati come gli orologi francesi, e sono abolite le ore italiche".
Un editto reale del 1836 in Belgio ordinava di fornire 5 città principali del paese di linee meridiane per far funzionare al meglio le ferrovie: l'astronomo Adolfe Quételet ha realizzato a tal fine linee molto essenziali.

Uso e scopi
ricerca astronomica
orologio del mezzogiorno e cambio dei sistemi orari
funzione e controllo del calendario
liturgico
civile, nautico, geografico-topografico
secondario: verificare la stabilità dell'edificio

3.

Sistema orario
Rispetto al sistema orario le meridiane del mezzodì sono orologi del Tempo Vero Locale (TVL). Possono essere presenti anche altre indicazioni quali la lemniscata del Tempo Medio Locale (TML), e l'ora italica (IT) [fig. 3]. Il Tempo Medio di Roma (TMR) era presente in una linea scomparsa a Rimini, e quella del Tempo Medio dell'Europa Centrale (TMEC) in una linea scomparsa a Caltanissetta.

Sistema orario
TVL
TML
IT
TMEC

Autori
Le indicazioni degli autori del manufatto sono a volte segnate in loco, altre volte ben documentate in testi coevi alla costruzione, altre volte difficilmente reperibili.
Talora è unico l'autore mentre altre volte è documentata la collaborazione di competenze diverse: autore dei calcoli è solitamente un astronomo, un ingegnere predispone il locale, il pavimento e il foro, il disegnatore e gli artigiani realizzano le decorazioni e i segni del calendario.

Autori
calcoli
disegno, tracciamento e decorazioni

Datazione e aspetti storici
L'attenzione agli aspetti storici riguarda la datazione dei manufatti, ma non solo: li colloca in un'epoca con relative strumentazioni, con problemi civili e domande di tipo scientifico. Alcuni sono stati ideati prima dell'uso del telescopio che ha determinato grandi variazioni nella ricerca astronomica e nelle sue esigenze. Molti sono coevi di orologi meccanici, anche di grandi dimensioni, che dovevano essere regolati spesso con il Sole, come anche gli orologi a pendolo degli osservatori.
Per alcuni manufatti si ha una datazione incerta o ignota. La loro storia vede cancellazioni per eventi naturali, per il mancato uso e per il non riconoscimento dello strumento, o per lo spostamento del un

3.
L'ora italica XVI nella meridiana del Duomo di Fossombrone. Il numero 22 corrisponde al valore dell'angolo di distanza del Sole dallo zenit e 40, sulla linea di metallo centrale, al numero di regoli, unità di misura di questa meridiana, dal piede dello gnomone.

muro col foro gnomonico, o la costruzione di un edificio a Sud. In alcuni casi è la mancata protezione e il calpestio che rovinano la meridiana.
Sono dunque rilevanti le date di un eventuale ritrovamento o della correzione di un errore o del restauro parziale o completo, con un nuovo tracciato e con nuovi materiali.

Datazione
si
no
data del ritrovamento, del restauro, della correzione o del rifacimento
data della sparizione

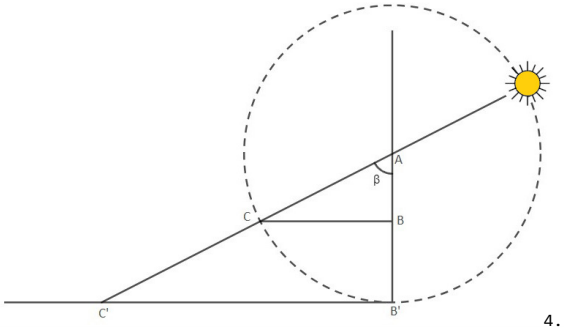
Meridiane orizzontali interne

Alcune meridiane sono denominate a tangente, a camera oscura e filari: le tre categorie possono essere sovrapposte nello stesso manufatto.
Sono dette a tangente perché la linea meridiana orizzontale rappresenta la retta delle tangenti trigonometriche dell'angolo β [fig. 4] che ogni giorno si forma tra la verticale per il foro gnomonico, e il raggio del Sole, cioè l'angolo della distanza zenitale del Sole, moltiplicata per 100. Così che ad un angolo di 45° corrisponde il numero 100, perché
tan 45° = 1 [figg. 4-6].
L'altezza osservata del Sole è l'angolo (AC'B') tra il raggio solare e il piano orizzontale ed è funzione della declinazione del Sole.
L'angolo zenitale e l'angolo di altezza del Sole sono funzione:
- della declinazione del Sole e quindi del giorno dell'anno
- della latitudine del luogo di osservazione
- e dell'ora, che in questo tipo di strumenti è fissa alle ore 12.

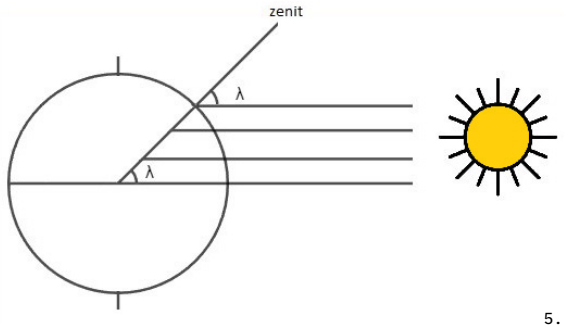
Nei giorni di Equinozio la distanza zenitale del Sole è pari alla latitudine del luogo [fig. 5], negli altri giorni è pari alla latitudine + la declinazione del Sole che varia in un anno tra +23°26' e – 23°26'.
L'altezza del Sole sull'orizzonte è pari 90°- latitudine + declinazione del Sole = 90°- β.
Ad esempio, a Roma nella meridiana di Santa Maria degli Angeli, quando β è pari a 52°, angolo che si legge sul lato occidentale della meridiana, si ha l'immagine del Sole in un punto che dista 2604 cm dal piede dello gnomone e il n° di tacche o Moduli B'C' scritto sul lato orientale della linea è pari a 128. Si legge dunque: 128 e 52.
Infatti, poiché il Modulo della meridiana è pari a 20,34 cm, si ha: B'C' = 128 x 20,34 cm = 2604 cm e

$$\tan(\beta) = \tan 52° = \frac{\sin(52°)}{\cos(52°)} = \frac{BC}{AB} = \frac{B'C'}{AB'} = \frac{2604}{2034} = 1{,}28$$

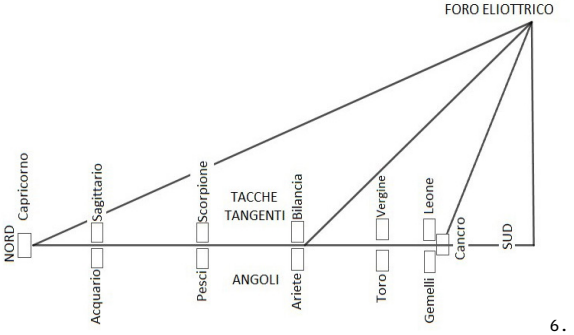
Alcune di queste meridiane sono a camera oscura, cioè la luce che si osserva nel locale chiuso è esattamente l'immagine del Sole e non del foro, che in questo caso è detto stenopeico: questo si verifica in corrispondenza di un rapporto tra il diametro del foro e la sua distanza dal suolo intorno a 1/1000. Tale rapporto garantisce inoltre che la penombra che si osserva nell'immagine del Sole sia della stessa misura del diametro del foro, quindi trascurabile. L'immagine della sorgente (il Sole) risulta capovolta e invertita. In tali casi è possibile osservare sul pavimento le macchie solari della superficie del Sole, quando presenti e grandi, o osservare un'eclisse di Sole che si verifichi in corrispondenza del mezzogiorno vero del luogo [fig. 7].
Alcune di queste meridiane sono di tipo filare: in esse un sottile filo, metallico o fatto di capelli annodati, teso e perfettamente dritto per natura del filo, tra due supporti metallici ad una piccola distanza



4.



5.



6.

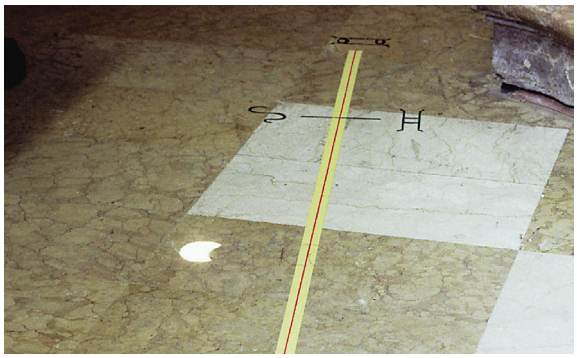
4. Schema della meridiana a tangente.

5. I raggi solari agli Equinozi in relazione alla latitudine del luogo.

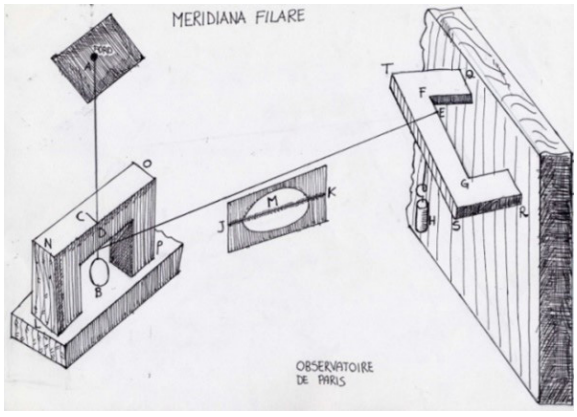
6. Ad oriente *partes radii centesimae* (centesime parti del raggio): tacche tangenti. Ad occidente *gradus distantiae* a vertice (gradi di distanza dal vertice o distanza zenitale): angoli.

dal pavimento si trova sopra e parallelo alla linea in uno spazio oscurabile. Si segna in terra, meglio su un supporto bianco, il momento in cui il bordo del cono di luce è tangente al filo e appare la sua ombra, e il momento in cui l'ombra del filo sparisce: la media dei tempi dà l'istante del mezzogiorno [fig. 8].

Meridiane orizzontali interne
a camera oscura
a tangente (con misure esplicite del Modulo)
filare



7.



8.

Aspetti architettonici

Gli aspetti costruttivi riguardano le misure dell'edificio e il terreno su cui sono tracciate le linee.

La linea meridiana può essere tracciata in piano, su gradini e su una superficie inclinata, con pendenza non costante. Nelle meridiane di tipo filare è sufficiente che il filo e la linea siano nel piano meridiano: alcune sono tracciate qualche centimetro sotto il livello del pavimento in un canaletto, e per proteggerle sono coperte da assi di legno che possono essere rimosse [fig. 9].

Soluzioni architettoniche diverse sono state messe in atto in luoghi dove lo spazio è insufficiente a contenere l'intera linea meridiana da un Solstizio all'altro. La linea è in questo caso in parte orizzontale e in parte verticale: caso limite è nella cattedrale di Strasburgo dove la linea interna è totalmente verticale perché molto vicina alla fessura da cui entra la luce solare. Nello schema si ha l'esempio della meridiana della Torre del Calandrelli di Roma e la foto di quella del Duomo di Milano [figg. 10a,b].

Alcune linee meridiane sono parziali per motivi diversi. In Santa Maria Novella a Firenze, l'originale di Egnazio Danti è stata ripristinata nel 2016: si hanno solo due tratti di linea meridiana, una in prossimità degli Equinozi e una intorno al Solstizio di Dicembre.

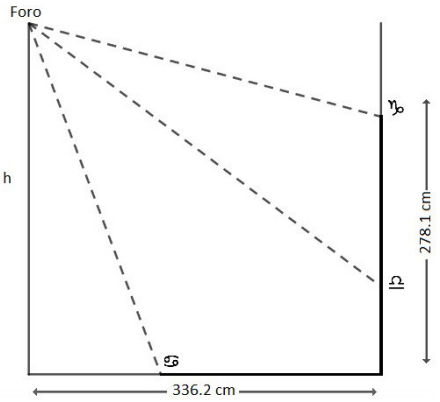
Aspetti architettonici	
sul piano orizzontale	interamente orizzontale
	parzialmente orizzontale e parzialmente verticale, con pendenza constante e non
	totalmente verticale (caso limite dei precedenti)
	incassata nel pavimento
tipo di pavimento (marmo, pietra, legno, maiolica)	
materiale della linea (bronzo, altro metallo, incisione nel pavimento)	
linea parziale	

9.

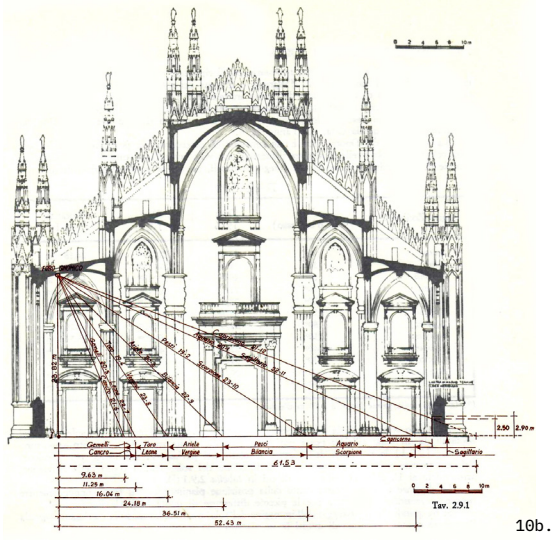
7. Meridiana a camera oscura nella Cappella del SS.Rosario, Chiesa Collegiata di S. Stefano, Novellara (RE). Eclisse parziale di sole 11 Agosto 1999. Autore del restauro R. Righi, Autore delle foto, R. Marchiani (immagine da Incerti 2003).

8. Schema dei supporti del filo in una meridiana filare.

9. Meridiana filare nel Klementinum, Collegio dei Gesuiti di Praga.



10a.



10b.

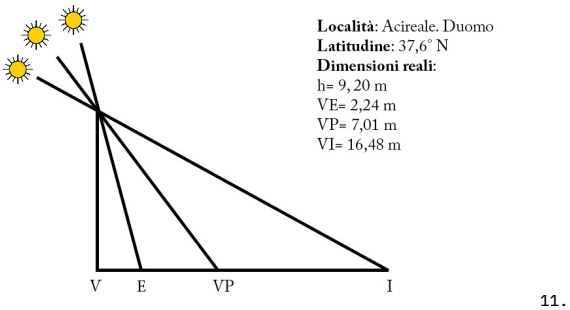
numerazione è in numeri arabi "46,000" e romani "XXXXVI" con regoli di 20 cm.

Misure
lunghezza della linea – parte orizzontale/parte verticale
altezza del foro dal pavimento, detta anche gnomone
unità di misura - sottomultipli – tipo di numeri

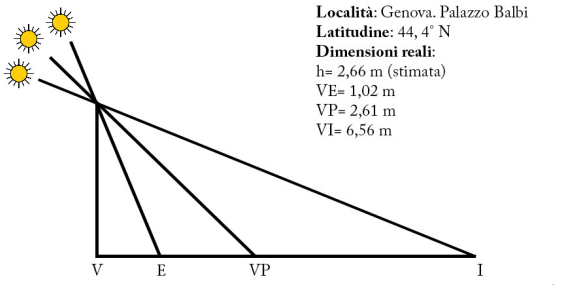
Problemi ed errori nella costruzione

Tra i problemi da affrontare nella progettazione e realizzazione di una linea meridiana vi sono quelli legati all'esatta determinazione del punto verticale sotto il foro gnomonico, spesso trovato con un filo a piombo che termina in un secchio con acqua per non oscillare.

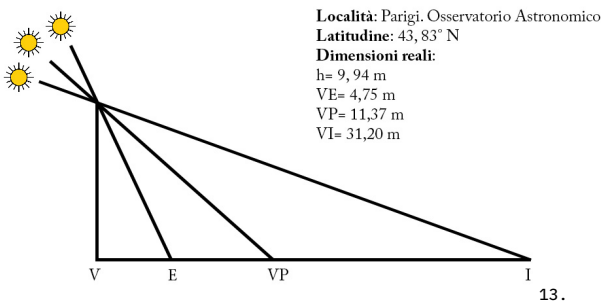
Accorgimenti diversi sono stati adottati per evitare spostamenti dell'alloggio del foro eliottrico, praticato direttamente nel muro o in una bronzina o altra cornice.



11.



12.



13.

Misure

Gli aspetti di geometria e di misura lineare riguardano la lunghezza totale della linea, dal piede dello gnomone o dal Solstizio di giugno, l'altezza del foro eliottrico dal suolo e l'unità di misura di quella particolare linea.

In relazione alla località dei paesi europei, per ogni impianto si ha una serie di triangoli rettangoli, uno per ogni giorno dell'anno, con uguale altezza (l'altezza del foro) e con la base sulla medesima retta (la linea meridiana). Tali serie di triangoli sono simili se ci si trova sullo stesso parallelo, e sono simmetrici rispetto al verso Nord-Sud per i paralleli a latitudine x° e latitudine -x° [figg.11-13].

L'unità di misura di ogni meridiana precedente all'uso del sistema metrico decimale, adottato in Italia nel 1861, era stabilita localmente.

In molte meridiane è pari alla centesima parte dell'altezza del foro gnomonico e costituisce il suo modulo: l'altezza dello gnomone è dunque generalmente pari a 100 moduli.

In alcuni casi come a S. M. degli Angeli a Roma il modulo, un regolo in metallo con i suoi sottomultipli, è conservato nella medesima chiesa. In altri casi l'unità è incisa all'inizio della linea stessa. Nella meridiana del Gilii nella Torre dei Venti in Vaticano la

10a.
Schema della meridiana della Torre del Calandrelli a Roma.

10b.
Schema della meridiana nel Duomo di Milano (Ferrari Da Passano 1977).

11.
Schema della meridiana di Acireale: lat. 37°6'.

12.
Schema della meridiana di Genova: lat. 44°4'.

13.
Schema della meridiana di Parigi: lat. 48°83'.

Per il tracciamento della linea alcuni errori sono stati dovuti all'uso della bussola.
L'incertezza sui margini, spesso tremolanti, dell'immagine solare, influisce sulle numerazioni e nel tracciamento delle ellissi luminose prodotte a terra.
Problemi di misure diverse, a livelli di altissima precisione, sono dovuti al considerare o meno la rifrazione della luce, per le indicazioni dei tempi e iil centro delle coordinate terrestri nel centro della Terra oppure sulla superficie terrestre.

Problemi ed errori nella costruzione
determinazione del punto verticale – filo a piombo e secchio con acqua
spostamenti dell'alloggio (bronzina) o del muro del foro eliottrico
uso della bussola per la direzione della linea
incertezza sui margini dell'immagine solare
problemi del considerare o meno la rifrazione della luce e il centro delle coordinate terrestri nel centro della Terra o sulla superficie

Stato di conservazione
Lo stato di conservazione deve essere accompagnato da una data, e può riguardare diverse parti dell'impianto gnomonico.
La linea meridiana stessa può essere parzialmente o totalmente cancellata come nel Duomo di Messina a causa del terremoto del 1908 e del bombardamento del 1943, ma la cancellazione del manufatto o il suo abbandono possono essere stati temporanei. Possono essere poco leggibili le iscrizioni e le numerazioni della meridiana.
Il foro gnomonico può essere stato manomesso o è ostruito. A volte resta solo il foro ma è sparita la meridiana.
Nelle meridiane filari restano i supporti ma il filo è spesso mancante.
Sono parametri utili a descrivere lo stato di conservazione di una meridiana:
- il tipo di protezione: un cordone sorretto da piedistalli o una copertura trasparente che può, tuttavia, porre problemi di distorsione dei raggi solari, di umidità e di pulizia;
- è rilevante anche se l'impianto è accompagnato da indicazioni di lettura per un turismo scolastico e scientifico.
Mesturini nel 2005 indica per l'Italia, una forte percentuale di meridiane scomparse pari al 16%: la situazione del 2023 è leggermente diversa.

Stato di conservazione
sparita, distrutta
della linea (ottimo, con protezione, con spiegazioni, semicancellata)
del foro
delle numerazioni e iscrizioni
dei segni del calendario (mesi o segni zodiacali)
dei supporti e del filo delle meridiane filari
restauro o recupero della linea e/o del foro

Foro eliottrico circolare
Il tipo di supporto del foro eliottrico, la sua forma e proporzione, oltre alla sua altezza dal suolo, varia nei diversi casi.
In generale si trova un foro circolare il cui diametro consigliato è di 1/1000 della sua altezza dal suolo, pari a 2 cm di diametro su 20 metri.
In alcuni casi è stato praticato un semplice foro, in altri è stato necessario praticare una scanalatura nel muro per far entrare la luce solare in tutte le stagioni, e per poter controllare l'appiombo del foro sul pavimento per il calcolo esatto della lunghezza della linea.
In alcuni casi, infatti, tale punto di base o piede dello gnomone è indicato sul piano orizzontale con un dischetto di marmo o di ottone. A volte il foro è praticato in una placca in metallo che ne protegge la forma.

Foro eliottrico circolare
rapporto tra il diametro del foro e altezza sul pavimento, foro stenopeico
diametro del foro
altezza sul pavimento
con punto verticale o piede dello gnomone segnato
con lente convergente, con placca metallica
praticato nella muratura (parete/soffitto/cupola) o finestra/vetrata

Indicazioni calendariali

Gli aspetti del disegno e dell'iconografia coinvolgono in particolare gli aspetti di calendario di una linea meridiana.

Questi possono essere marcati lungo la linea meridiana per segnare la data in cui il Sole entra in un segno, e in tal caso sono distribuiti in questo modo:

Capricorno - Sagittario/Acquario - Scorpione/Pesci - Bilancia/Ariete

Vergine/Toro - Leone/Gemelli - Cancro [fig. 6].

Possono invece essere segnati lungo i tratti della linea in cui il Sole ha la medesima declinazione e in tal caso, sono distribuiti a coppie in questo modo:

NORD ellisse del solstizio di Dicembre Capricorno Gennaio/Dicembre Sagittario - Scorpione Novembre /Febbraio Acquario - Bilancia Ottobre/Marzo Pesci - Vergine Settembre/Aprile Ariete - Leone Agosto/ Maggio Toro - Cancro Luglio/Giugno Gemelli, ellisse del Solstizio di Giugno SUD [fig. 14].

In entrambi i casi le distanze tra le coppie di segni non sono equidistanti perché non è costante la differenza angolare della declinazione raggiunta dal Sole in un mese e perché ad angoli uguali corrispondono sulla linea segmenti di diversa lunghezza secondo la legge della tangente.

Presenza di segni particolari

Curiosità e segni particolari non mancano nei manufatti europei, come:

- la presenza della curva dell'analemma del tempo medio sovrapposta alla linea meridiana;
- le ellissi della luce solare sul pavimento per alcuni momenti dell'anno;
- il tracciato di linee orarie a piccola distanza di tempo dalla meridiana del mezzogiorno: tipicamente ±5, ± 10 min divergenti dal piede dello gnomone verso Nord;
- il cronometro degli Equinozi.

L'analemma è la rappresentazione o traccia grafica dell'Equazione del tempo ed è presente per indicare il mezzogiorno medio, a partire dal XVIII secolo. Tale equazione si presenta come una tabella empirica legata all'anticipo o ritardo del Sole medio rispetto al Sole vero, per cui non si hanno intervalli di tempo costanti tra due transiti consecutivi del Sole in meridiano. Le cause di tale discrepanza sono dovute a due fattori [figg. 15,16]:

- Legge di Keplero per le aree, ovvero diversa velocità della Terra nel percorrere l'orbita ellittica intorno al Sole (Eccentricità)
- Inclinazione dell'Eclittica sull'Equatore Celeste (Obliquità).

Tale curva è segnata intorno alla linea del mezzogiorno che interseca 4 volte l'anno, quando il valore dell'Equazione del tempo vale 0.

Si sottolinea che tale eventualità non coincide con i giorni di Equinozio o di Solstizio, come spesso scritto in rete [fig. 17].

Le ellissi con l'esatta la misura della specie solare, marcate sulle meridiane orizzontali sono spesso quelle degli Equinozi, altre volte anche quelle del Solstizio di Giugno e del Solstizio di Dicembre. I loro assi hanno variazioni maggiori nel corso dell'anno, quanto maggiore è la latitudine del luogo, quindi quanto più si va a Nord. Gli assi dell'ellisse si calcolano considerando:

- l'ampiezza del cono di luce solare pari a 2 ω, che equivale al diametro del Sole che al Solstizio di dicembre (Terra vicino al perielio) vale 2ω = 32,52', agli Equinozi 2ω = 32,11' e al Solstizio di Giugno (Terra vicina all'Afelio) 2ω = 31,48' ;
- h l'altezza angolare del Sole.

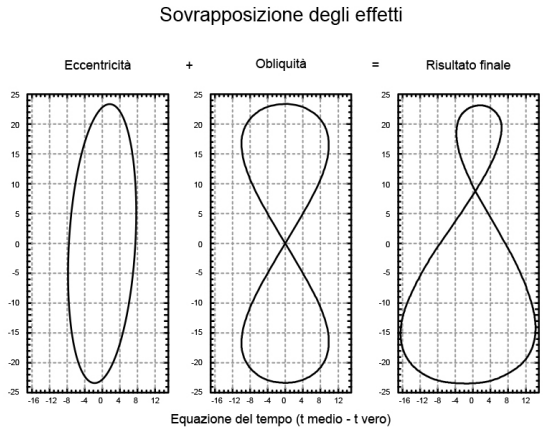
Considerato il triangolo VGN in cui VG è l'altezza del foro e NG la distanza del raggio dal piede G dello gnomone [fig. 18] si ricavano, con la trigonometria gli assi dell'ellisse.

A Roma, a latitudine 41°55' (S. M. degli Angeli) si ha [figg. 19,20]:

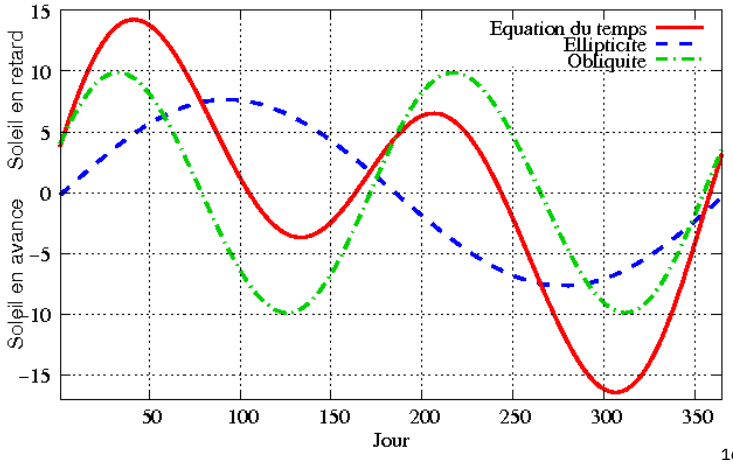
	Ellisse del Solstizio d'Inverno	Ellisse del Solstizio d' Estate
Asse maggiore	110,6 cm	20,7 cm
Asse minore	46,2 cm	19,6 cm

Oltre alla linea meridiana sono presenti a volte una o più line divergenti da Sud verso Nord relative al passaggio del centro dell'ellisse solare ± 5 minuti e ± 10 minuti prima e dopo il mezzogiorno solare.
Una coppia di linee ai lati della meridiana possono costeggiarla allargandosi, anche queste, da Sud verso Nord, in modo da contenere l'intera ellisse della traccia del Sole anche in Inverno, quando l'ellisse ha l'asse minore, perpendicolare alla meridiana, più largo che in Estate.
La latitudine dà la forma dell'intero impianto, come già indicato, mentre la longitudine è utile per calcolare l'ora civile rispetto a quella locale. La longitudine è legata al fuso orario e all'interno di questo è necessario calcolare la distanza dal meridiano centrale del proprio fuso. Per l'Italia il fuso centrale è quello che passa per Catania, detto TEC cioè Tempo dell'Europa Centrale. Tale distanza angolare espressa in gradi viene trasformata in minuti con la relazione:
360°: 24 ore = 15° : 1 ora = 1° : 4 minuti.
A titolo di esempio: Torino dista 29 min 15" ovest e Brindisi 11 min 45" est dal meridiano dell'Europa Centrale.
L'ora vera locale si calcola quindi:
Ora vera locale = Ora dell'orologio + distanza dal fuso in minuti + Equazione del tempo.
In tre meridiane italiane si trova uno strumento legato al calcolo dell'istante vero degli Equinozi, costituito da due ellissi uguali (a occidente e a oriente della linea meridiana) nella chiesa di Perinaldo (Imperia) e di S. M. degli Angeli a Roma, e una nella nuova meridiana di Santa Maria Novella a Firenze. Si tratta dell'ellisse che corrisponde all'immagine del Sole in quel giorno: sull'asse maggiore è segnata una graduazione che permette di leggere quanto tempo, in ore e minuti, separano il passaggio del Sole nel luogo di osservazione, dall'istante dell'Equinozio astronomico: tale strumento può essere chiamato Cronometro degli equinozi [fig. 21].
In alcune meridiane all'interno del disegno degli asterismi dei segni zodiacali sono marcate le stelle principali della costellazione. A volte sono segnati lungo la linea aspetti geografici legati al luogo in cui ci si trova.
Peters, che ha tracciato la meridiana di Acireale, vi ha segnato: l'altezza dello gnomone 9,104 metri, la lunghezza della meridiana 16,452 m, l'inclinazione dell'ago magnetico è di 53°01'55"; l'obliquità dell'eclittica è di 23°27'36"; la lunghezza del pendolo che batte i minuti secondi (992,86 mm) da cui si può conoscere la misura della gravità locale. La lunghezza di un grado di meridiano (110,97473 km) e quella del parallelo locale (88,281 km). La longitudine calcolata del meridiano dell'isola del Ferro nelle Canarie pari a 32°51'10"; la durata massima del giorno di

14.



15.

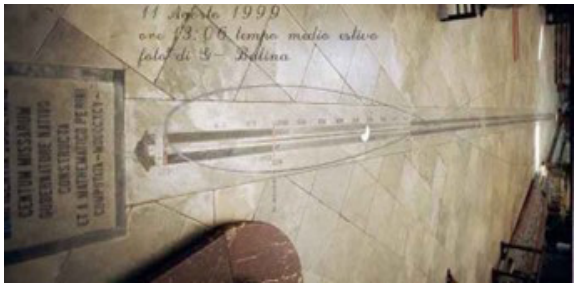


16.

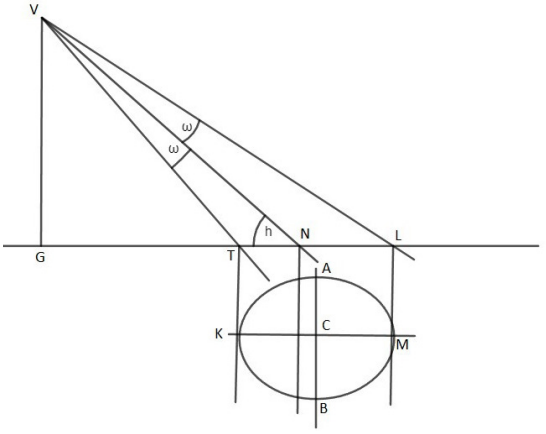
14. Le raffigurazioni degli asterismi sono bianche in ovali di ceramica azzurra, affiancate dal nome del mese, nella Sala delle Cicogne nella Specola di Via Romana a Firenze.

15, 16. I grafici dovuti ai 2 fattori e la loro sovrapposizione.

Acireale (14 ore 46 minuti 4 secondi) e la minima (9 ore 33 minuti 8 secondi) e ha aggiunto un riquadro con i campioni delle 5 principali unità di misura lineare in uso negli scambi commerciali: il metro



17.



18.

Presenza di segni particolari
la presenza della curva dell'analemma sovrapposta alla linea meridiana.
le ellissi della luce sul pavimento.
il tracciato di linee orarie a piccola distanza ditempo dalla meridiana del mezzogiorno.
linee divergenti ai lati della linea meridiana
l'unità di misura
il cronometro degli Equinozi
stelline incastonate nell'asterismo dei segni zodiacali
iscrizioni di altezza sul livello del mare, latitudine e longitudine del luogo
lingua usata per le iscrizioni che accompagnano la linea meridiana
gnomone Boreale

francese, il piede parigino, il piede inglese, il palmo siciliano, ed il palmo napoletano.
Rocco Bovi, astronomo della spedizione geografica di Rizzi Zannoni, nella Meridiana di San Martino a Napoli segna i nomi accompagnati da segni grafici, di diverse località che si trovano circa sul meridiano di Napoli in Africa ordinate per latitudine da Nord a Sud. Inserisce inoltre nel pavimento della sala della meridiana, 2 rose dei venti rispettivamente con 32 e 24 venti e raffigurazioni dei cinque pianeti visibili ad occhio nudo e il sistema di satelliti di Giove e di Saturno noti all'epoca. In questa meridiana sono presenti anche tracce di indicazioni di alcune curve di declinazione del Sole.
La lingua delle iscrizioni lungo la linea, ai suoi estremi o su lapidi, è spesso il latino. Per le più recenti è la lingua del paese.
Uno gnomone boreale, per intercettare la rotazione della stella Polare intorno al Polo Celeste Nord attraverso un foro posto a Nord, si trova nella chiesa di Santa Maria degli Angeli a Roma a corredo della meridiana Australe: una serie di ellissi coassiali ne marcano la proiezione sul pavimento per un periodo di 800 anni.

Strumenti usati per tracciare le linee meridiane e calcolare l'altezza del foro

Gli strumenti che sono stati utilizzati per tracciare la linea in uno spazio chiuso a volte sono noti e ben illustrati dai costruttori, altre volte sono solo ipotizzati [fig. 22].
Tra questi vi è l'uso del metodo dei Cerchi Indù o di uguale altezza tracciati all'interno dell'edificio o all'aperto e in tal caso il passaggio del Sole sul meridiano è indicato attraverso un suono (spesso uno sparo) a chi segna il punto in cui si vede la specie solare in quell'istante all'interno dell'edificio.

Strumenti usati per tracciare le linee meridiane e calcolare l'altezza del foro
Noti: metodo di cerchi di uguale altezza, cronometro, strumento dei passaggi, teodolite, bussola, barometro senza mercurio, termometro, metro campione, orizzonte artificiale a mercurio, pendolo a compensazione, filo a piombo
mancata documentazione

Aspetti didattico-turistico-esplicativi

Con un'attenzione ad aspetti didattico-turistico-esplicativi, sono talvolta presenti cartelli con schemi del funzionamento dell'impianto gnomonico e tabelle dell'equazione del tempo, che aiutano la lettura della meridiana nel suo complesso; sono talvolta disponibili nel luogo stesso in cui si trova la meridiana dépliants, manuali e articoli re-

17.
La curva dell'Equazione del tempo nella meridiana di Modica.

18.
Schema della produzione dell'ellisse solare (Anselmi, 2016).

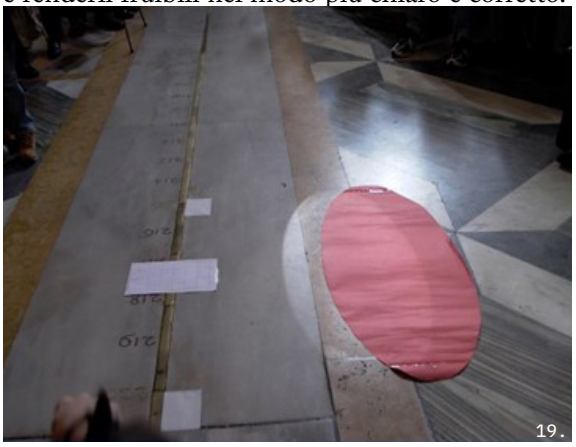
lativi.
In rete è facile trovare errori e notizie false sia sul funzionamento che sulle cause astronomiche dei fenomeni osservabili sulla meridiana.
Indubbio interesse didattico hanno questi manufatti, sia per l'insegnamento della geografia che per l'astronomia, come per una geometria letta nella realtà, e per aspetti storici e artistici.
In generale per sviluppare un atteggiamento scientifico la visita, lo studio e la ricostruzione di una meridiana, permette di osservare in modo consapevole fenomeni astronomici che abbiamo sempre sotto i nostri occhi e capire come funziona uno strumento complesso, ma silenzioso e a volte dalla presenza molto discreta.
Vi sono poi aspetti di narrazione, di presenza di questi manufatti nei racconti del "Grand Tour" e

Aspetti didattico-turistico-esplicativi
cartelli con schemi e informazioni – tabelle
depliants
articoli – libri – in rete

in testi letterari, talvolta nelle Guide turistiche.

Conclusioni

Il processo che ha permesso la stesura di questo lavoro si avvale della collaborazione e dello scambio con ricercatori di diversi settori e con astrofili molto presenti sul territorio, abili fotografi e cercatori di tesori nascosti in cielo e in terra.
Fondamentali sono i riferimenti ad alcuni dei cataloghi di meridiane già realizzati in Italia e all'estero, a cui ho dato anche il mio contributo.
La varietà di elementi che ciascuna delle meridiane visitate e studiate presenta, ha stimolato la ricerca di categorie di classificazione che si rivelano spesso sfumate e altre che portano a dati non sempre definitivi.
Tra le categorie "sfumate" vi è ad esempio la definizione di "meridiana orizzontale" quando, come nel caso del Duomo di Milano, vi è una parte su parete verticale. Per quanto riguarda invece le categorie che si riferiscono allo stato di conservazione, queste prendono in considerazione dati non definitivi perché vi possono essere restauri, cancellazioni e nuove realizzazioni.
Per i ricercatori dei diversi settori coinvolti, dalla gnomonica, alla storia dell'astronomia e dell'architettura, questa pista di ricerca può essere ripercorsa rispetto a manufatti diversi, non considerati in questo lavoro sia per tipologia di oggetti che per diffusione territoriale.
Questa catalogazione è auspicabile che induca un monitoraggio continuo e attento sul territorio con eventuali interventi di sollecitazione al restauro, alla conservazione e alla protezione delle diverse parti delle linee meridiane, alla cura dell'apertura alla visita e alla produzione di spiegazioni corrette presso le relative strutture pubbliche e private.
Per questo è indispensabile che i luoghi di ricerca dialoghino con il territorio e che chi possiede o gestisce beni culturali di interesse astronomico, anche in rete, si rivolga agli esperti per valorizzarli e renderli fruibili nel modo più chiaro e corretto.

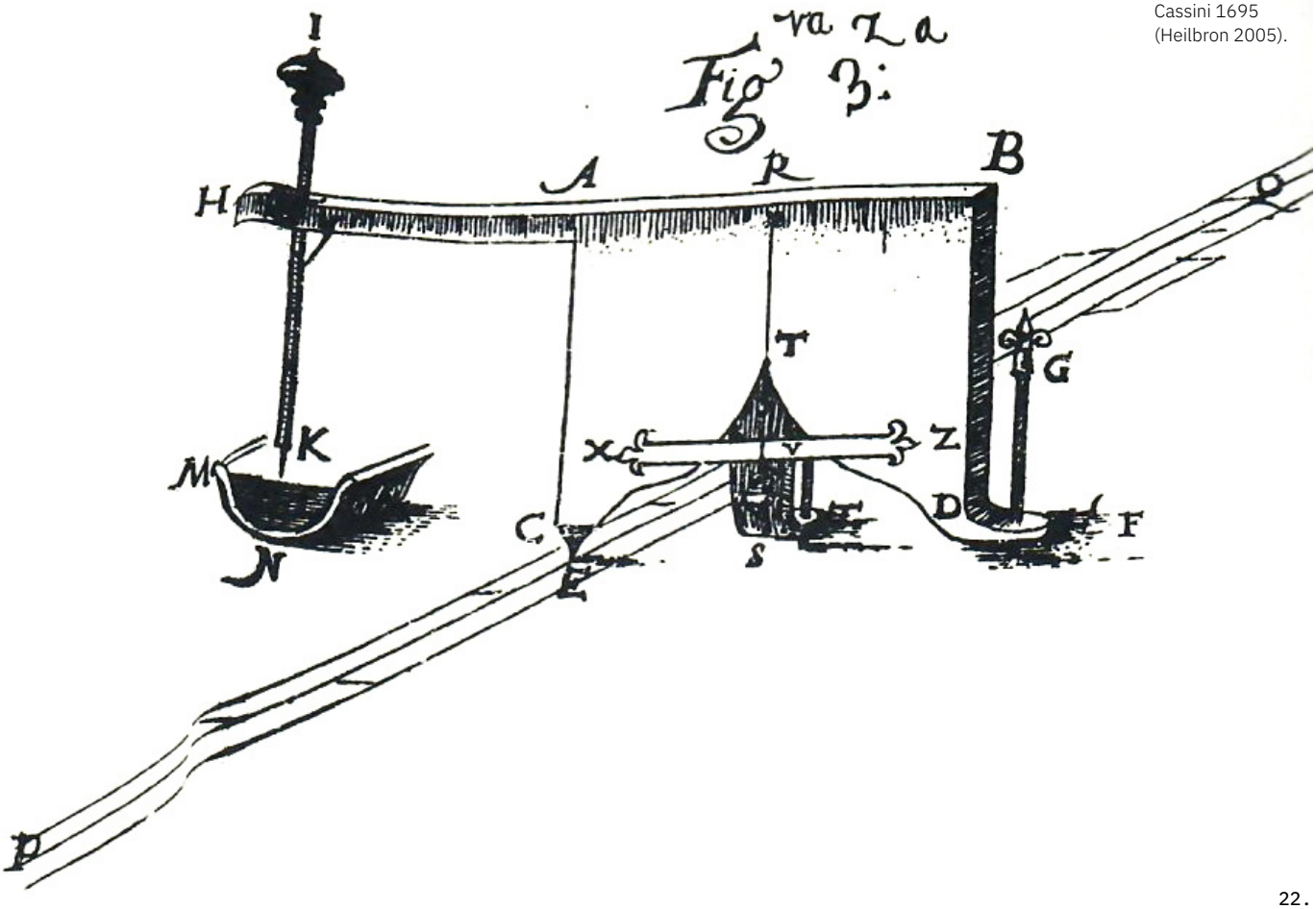

19.

20.

21.

19, 20.
L'ellisse al Solstizio di dicembre in Capricorno e quella del Solstizio di giugno in Cancro, nella Chiesa di S. M. degli Angeli a Roma.

21.
Il Cronometro degli equinozi nelle ellissi della specie solare nei giorni di Equinozio e il Termine della Pasqua nella meridiana di S. M. degli Angeli a Roma.



22.
Cassini 1695
(Heilbron 2005).

22.

Bibliografia

Anselmi R. (2016). http://www.astroperinaldo.it/wp-content/uploads/2016/05/Anselmi-La-Meridiana-a-camera-oscura-di-Perinaldo.pdf (consultato il 30 aprile 2023).

Ferrari Da Passano C., Monti C., MussioL. (1977). *La meridiana solare del Duomo di Milano - verifica e ripristino nell'anno 1976*, p. 42. Milano: Veneranda Fabbrica del Duomo di Milano.

Gotteland A. (2008). *Les méridiennes du monde et leur histoire*, vol.1,2. Paris: Editions Le manuscrit.

Heilbron J.L. (2005). I*l Sole nella Chiesa. Le grandi Chiese come osservatori astronomici.* Bologna: Editore Compositori.

Incerti Manuela (2003), Nuvole di punti per le geometrie del tempo, In *Atti del XXV Convegno Internazionale dei Docenti delle discipline della Rappresentazione nelle Facoltà di Architettura e d'Ingegneria, 25 anni: Rinnovamento nella Tradizione*, Lerici 9-11 Ottobre 2003, promosso dall'U.I.D. Unione Italiana per il Disegno, pp. 155-164.

Lanciano N. (1997). Viaggio in Europa attraverso alcune linee meridiane. In *Atti dell'VIII Seminario Nazionale di Gnomonica UAI*. Porto San Giorgio, 3-5 ottobre 1997, pp. 153-163.

Lanciano N. (1998). Four meridian lines in Rome. In B*ulletin of the British Sundial Society*, n 98/1, pp. 36-38.

Lanciano N., Celi V. (1998). Linee meridiane interne in Sicilia. In *Astronomia*, n. 3, pp. 25-32.

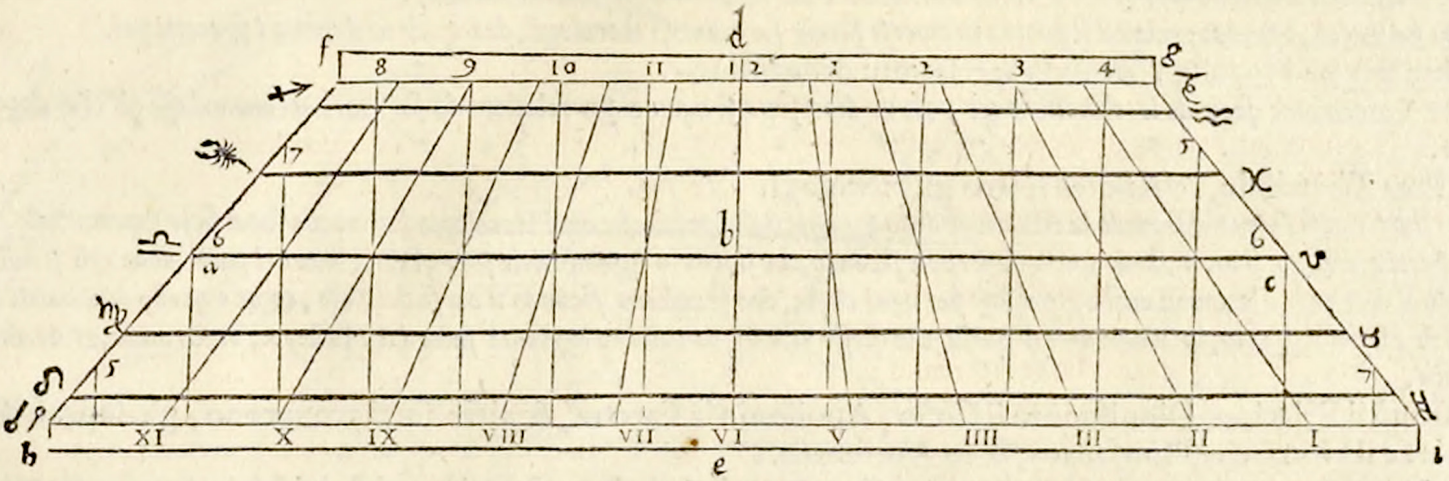
Lanciano N. (2018). I*n luna, stellis et sole. Guida alla scoperta dell'Astronomia a Roma in dodici itinerari*. Napoli: Apeiron Edizioni.

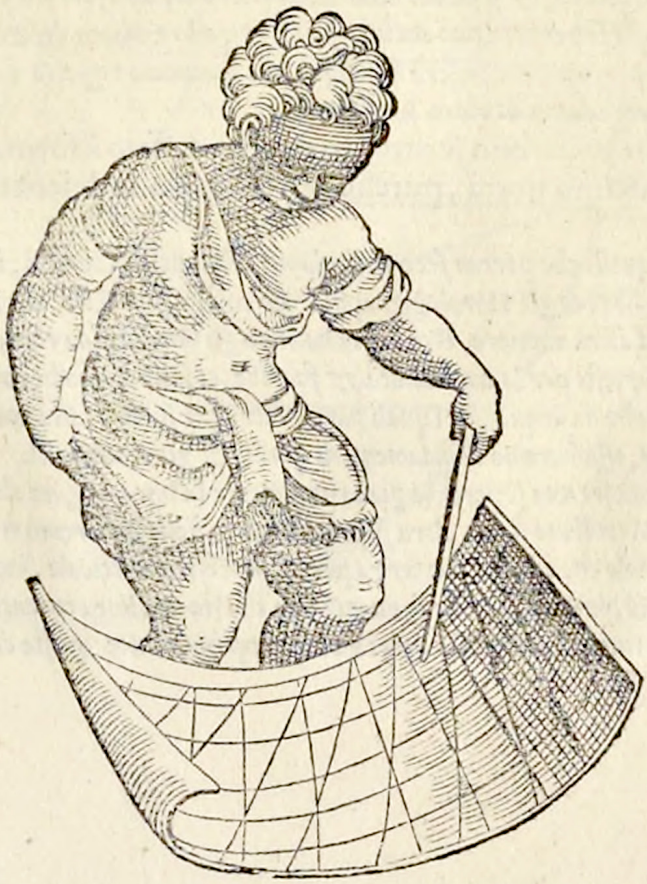
Lanciano N. (2019). *Strumenti per i giardini del cielo*. Triste: Asterios Editore.

Mesturini G. (2005). Meridiane italiane a camera oscura: aggiornamenti 2005. In *Atti XIII Seminario Nazionale di Gnomonica*. Lignano, 8-10 aprile 2005, pp. 139-144.

Pagliano A., Murolo R., Santoro L. (2014). *Disegnare il tempo. Rocco Bovi e gli orologi solari della Certosa di San Martino*. Roma: Aracne Editore.

https://mateturismo.wordpress.com/2018/05/28/torre-astronomica-y-meridiana-del-clementinum-en-praga/ (consultato il 30 aprile 2023).





Daniele Barbaro, Meridiana di Beroso (Barbaro 1567, p. 235).

Gnomonica e sezioni coniche: Daniele Barbaro e Vitruvio

Abstract

Nel Rinascimento, la passione filologica spinse gli studiosi verso la "rinascita" della gnomonica. Questi ripercorsero la via indicata dagli antichi, che avevano costruito con successo strumenti in grado di replicare o descrivere i moti del cielo grazie all'ombra proiettata sulle superfici da uno stilo. Non stupisce quindi che Daniele Barbaro commenti il Libro IX del *De Architectura* di Vitruvio, spendendo molte pagine nel tentativo di interpretare le scarne indicazioni che l'architetto romano aveva lasciato sugli orologi solari. Questo saggio mette in luce come le conoscenze geometriche del Rinascimento relative alla delineazione delle sezioni coniche abbiano permesso una rilettura corretta del trattato di Vitruvio.

During the Renaissance, the philological passion pushed scholars toward the 'rebirth' of gnomonics. They retraced the path pointed out by the Ancients, who had successfully realized instruments able to replicate or describe the motions of the sky thanks to the shadow cast on surfaces by a stylus. It is therefore not surprising that Daniele Barbaro comments on Vitruvius's Book IX of De Architectura, spending many pages attempting to interpret the meagre indications that the Roman architect had left on sundials. This essay highlights how Renaissance geometric knowledge on the delineation of conic sections allowed a correct reinterpretation of Vitruvius's treatise.

Parole chiave

Daniele Barbaro
Vitruvio
Gnomonica
Horario universale
Sezioni coniche

Cosimo Monteleone
Università degli Studi di Padova
→ cosimo.monteleone@unipd.it

Daniele Barbaro e gli orologi solari di Vitruvio

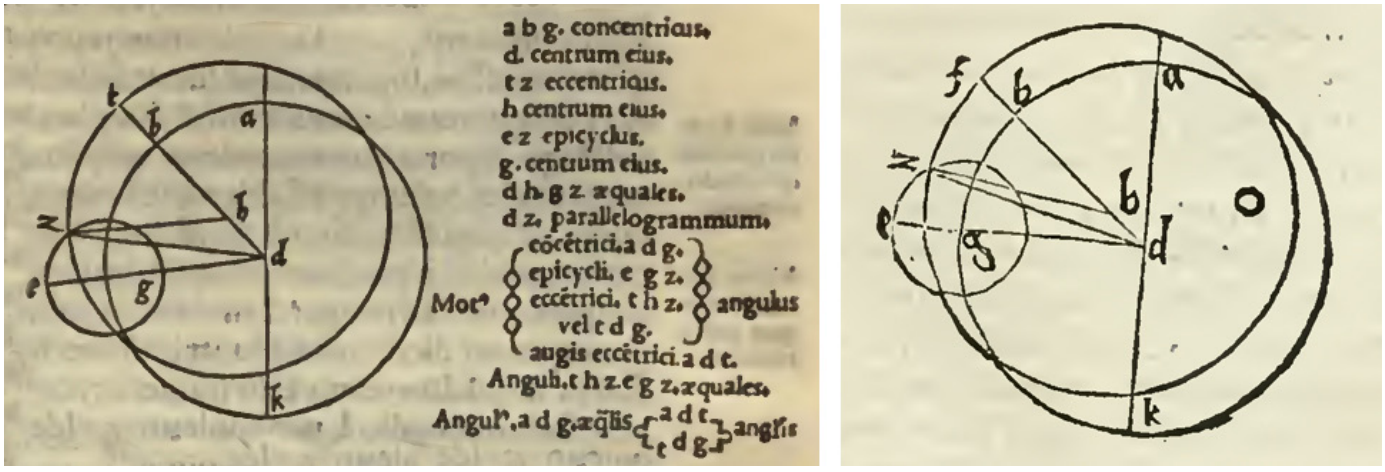
Vitruvio aveva tramandato nel Libro IX del *De Architectura* nomi e inventori di alcuni dispostivi atti a scandire le ore del giorno e le date più importanti dell'anno. Le descrizioni di questi strumenti di misurazione del tempo avevano alimentato la curiosità di molti studiosi del Rinascimento, al punto che costoro tentarono ipotesi ricostruttive basandosi sul testo antico, che però era privo di immagini. Nel novero di questi ben noti matematici e astronomi (Severino 2011, pp. 192-198), un posto di rilievo spetta a Daniele Barbaro, il più celebre traduttore ed esegeta del testo vitruviano. Nella prima edizione del 1556 l'umanista veneziano spende molte pagine allo scopo di interpretare le scarne indicazioni sugli orologi solari di Vitruvio, ponendosi come scopo finale quello di riportare a nuova vita (quantomeno sulla carta stampata) strumenti perduti e dimenticati da tempo (Pagliano 2018). Ci si aspetterebbe una trattazione simile anche nella seconda edizione del 1567 ma Barbaro ripropone solo uno studio sull'orologio ad acqua di Ctesibio. Questa drastica semplificazione è solo apparentemente in contrasto con le intenzioni filologiche dell'autore, in quanto, come egli stesso chiarisce: "Gli horologi ritrovati dagli antichi, disposti quivi da Vitruvio, si possono imaginare da quelli, che intendeno bene i circoli della spera, et che sanno la ragione degli Analemmi, perche poi puo ciascuno accommodargli qualunque forma gli piace" (Barbaro 1567, p. 426).

Da queste parole deduciamo che la decisione di Barbaro di rimuovere nella seconda edizione immagini e indicazioni relative alle ricostruzioni degli orologi solari degli antichi è, invece, profondamente umanistica. Barbaro preferisce sostituire lo spazio dedicato a questi oggetti con qualcosa di più importante, ovvero la spiegazione dei fondamenti scientifici della gnomonica. Prima di compiere questo importante passo didattico, Barbaro introduce e riassume il sistema tolemaico, prendendo spunto da due opere di Federico Commandino, il *Planisphaerium* (Commandino 1558) e il *Liber de Analemmate* (Commandino 1562), insieme alla *Cosmographia* di Francesco Maurolico (Maurolico 1543).

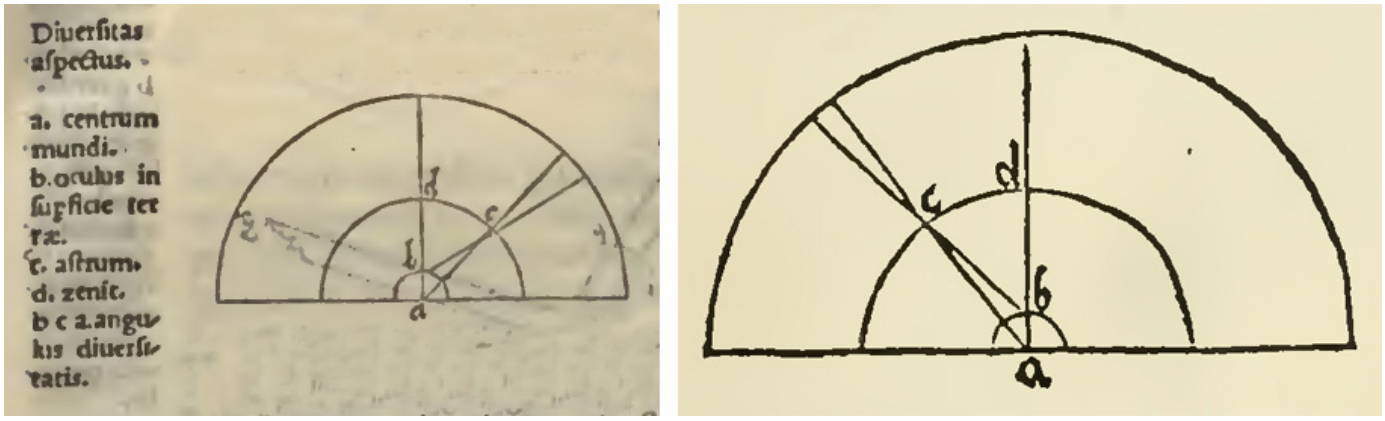
Barbaro riconosce soprattutto il valore scientifico ma al contempo divulgativo di Maurolico e copia nei commenti al Libro IX di Vitruvio alcune sue immagini, tra cui quella relativa alla teoria degli epicicli e dei deferenti [fig. 1] e quella che indica la differenza tra luogo vero e apparente di un corpo celeste *c*, considerando l'osservatore nel centro della Terra, *a*, e sulla

1.
Schema tolemaico per gli epicicli e i deferenti (a sinistra Maurolico 1543, p. 79; a destra Barbaro 1567, p. 377).

2.
Schema per indicare la differenza tra luogo vero e luogo apparente di un corpo celeste (a sinistra Maurolico 1543, p. 83v; a destra Barbaro.



1.

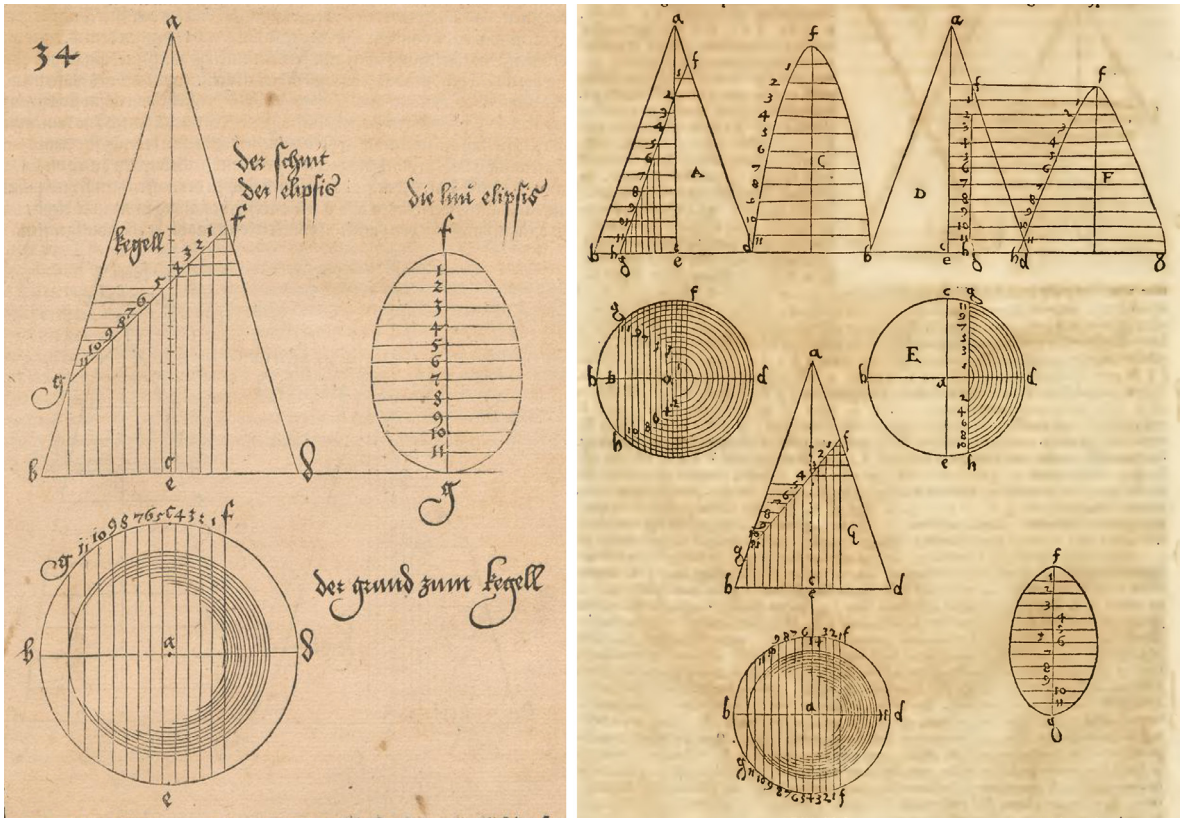


2.

sua superficie, *b* [fig. 2]. Subito dopo aver delineato i rudimenti del sistema tolemaico, Barbaro chiarisce che esistono principi geometrici comuni alla base di discipline apparentemente differenti come l'astronomia, la geografa e la prospettiva lineare. A questa connessione aveva fatto un fugace riferimento pure Federico Commandino nel *Planisphaerium*, specificando di aver tratto ispirazione dalle pratiche in uso presso le botteghe dei pittori per sciogliere alcuni nodi relativi alla rappresentazione su un piano dei paralleli e dei meridiani geografci (Commandino 1558, lettera dedicatoria). Ma Barbaro si spinge oltre, esplicitando questo legame matematico sotteso, precisando che è necessario conoscere le sezioni coniche prima di applicarsi allo studio dell'astronomia. Egli, sempre molto attento a schivare lunghe disquisizioni teoriche, si avvale: "della facilità di Alberto Durero, benche ci siano, degli altri modi" (Barbaro 1567, p. 399) e, com'è sua consuetudine quando riconosce la perfezione nel lavoro altrui, copia le figure pubblicate nell'*Underweysung der Messung*, dove la delineazione dell'ellisse, della parabola e dell'iperbole è risolta nelle tre proiezioni del cono, ricorrendo alla costruzione per "sezioni orizzontali" [fig. 3]. Infine, forse perché consapevole che il collegamento tra le sezioni del cono e la gnomonica può non essere colto facilmente da tutti i lettori, avverte che: "Hora perche si sappia a che fine siano state proposte queste figure, io dico, che il sole girando di giorno in giorno manda i raggi suoi nel Gnomone, la cima del quale imaginaremo, che sia la cima del cono, et il circolo, che fa il sole sia la basa del cono, et i raggi che si parteno dal corpo del sole sia quella linea, che girandosi a torno descriva il cono. Se vorremo ben considerare questo effetto, che fa il sole con i raggi nel Gnomone, vederemo, che egli fa una superfcie conica, perche è una superfcie fatta di due superfcie opposte per la cima del cono, l'una è dal circolo, che fa il sole fin alla punta del Gnomone, l'altra è dalla punta del Gnomone in giu nella parte opposta, la quale anderebbe in infnito, se non gli si opponesse un piano. Et perche questo piano se gli oppone diversamente, et taglia quei raggi della superfcie conica inferiore, però bisogna considerare la proprietà di quei tagli; perche fanno diverse linee" (Barbaro 1567, p. 400).

Solo a questo punto del discorso Barbaro indica esplicitamente che esiste un legame tra astronomia e prospettiva, poiché se la teoria delle sezioni coniche è: "bene considerata, et appresa darà un lume mirabile al presente discorso, et gioverà in molte altre cose degne; et specialmente nella prospettiva, si come nel nostro trattato della Scenographia havemo chiaramente esplicato" (Barbaro 1567, pp. 398-399).

È su queste basi geometriche che nella seconda edizione dei commenti a Vitruvio, Barbaro sostituisce la descrizione degli orologi solari progettati dagli antichi con i grafici necessari alla loro costruzione. Il proposito di esporre una teoria complessa in ma-



3.
Sezioni coniche (a sinistra Dürer 1525, p. 16r; a destra Barbaro 1567, p. 401).

3.

niera semplice, senza rinunciare al rigore scientifico, è indubbiamente lodevole, ma dobbiamo rilevare che le illustrazioni presentano molte difficoltà interpretative perché le lettere che indicano i punti non sono sempre riportate nella posizione corretta rispetto al testo. Purtroppo il problema si riscontra nell'individuazione della direzione e della lunghezza delle ombre di un orologio solare, cioè in riferimento a due aspetti fondamentali della concezione tolemaica. Si tratta di due procedimenti strettamente legati alla teoria delle sezioni coniche e, per questa ragione, occorre fare chiarezza sui passaggi più oscuri. A titolo di esempio, ripercorriamo in questa sede la disamina relativa al Tropico del Cancro ma il ragionamento può considerarsi valido per tutti gli altri circoli. Siamo in grado di attuare questo proposito perché, nonostante l'inconciliabilità tra testo e illustrazioni, le parole di Barbaro nel Libro IX che descrivono l'analemma di Tolomeo sono piuttosto precise. Ripercorrere la realizzazione di una meridiana orizzontale sarà un esercizio utile a comprendere pienamente i motivi che spingono Barbaro ad affermare che le sezioni coniche si pongono alla base dell'astronomia, della geografia e della prospettiva. Per la costruzione dell'analemma ci serviamo dei medesimi contrassegni usati da Barbaro, ma li posizioniamo in maniera corretta seguendo fedelmente il suo testo. In questo modo possiamo correggere gli errori contenuti nei grafici pubblicati nel 1567, almeno per quanto riguarda quelli utili alla delineazione di una meridiana orizzontale (Barbaro 1567, pp. 410-417).

Il riferimento astronomico

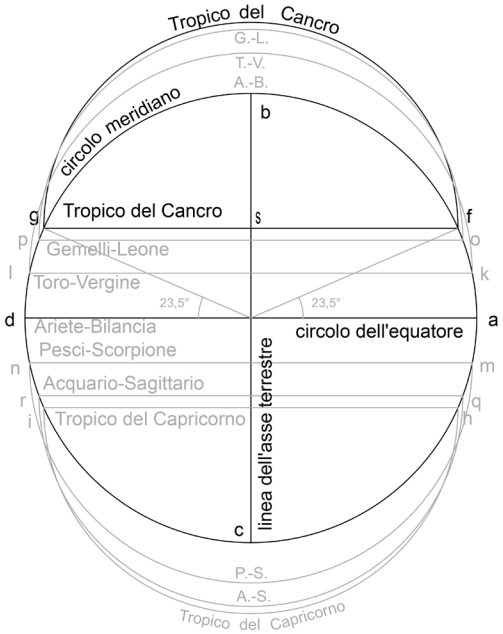
Una volta assegnato il circolo meridiano *abcd*, visto di fronte, in maniera tale che la linea *ad* rappresenti il cerchio dell'equatore (equinottiale) e *bc* estensione dell'asse terrestre (asse del mondo), con *b* Polo Nord celeste e *c* Polo Sud celeste, si consideri un arco di 23,5 gradi, che vada da *a* verso *b*, e si segni il punto *f*. La medesima operazione si faccia da *d* verso *b* per individuare il punto *g*. La linea *fg* indica il circolo del Tropico del Cancro ma anche il suo diametro, intorno al quale è stata ribaltata metà circonferenza per disporre della vera forma. Questo semicerchio di centro *s* rappresenta il percorso apparente del Sole nel cielo quando, il 21 giugno, entra nel segno del Cancro [fig. 4].

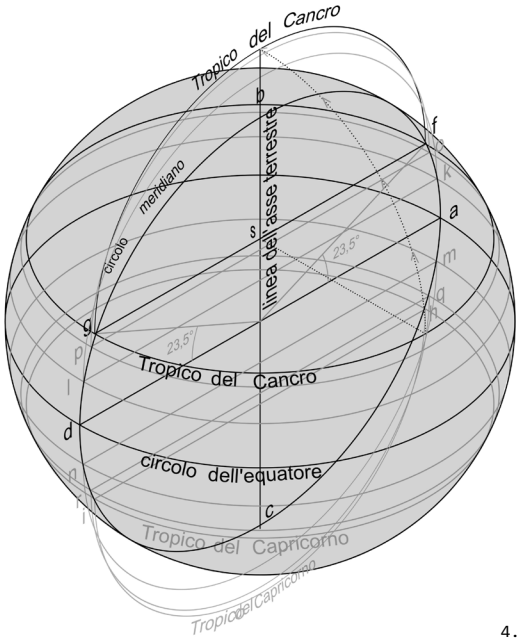
Il riferimento locale

Poiché l'altezza del Polo Nord celeste cambia in ogni luogo, Barbaro sceglie di costruire l'analemma per Venezia, approssimandone la latitudine a 45 gradi. Per compiere questa operazione, dal punto *b* si conti un arco di 45 gradi verso *d*, fissando *x*. Dalla parte opposta a *x* rispetto al centro *e* della circonferenza si segni il punto *y*. La linea *xy* costituisce il circolo dell'orizzonte, di conseguenza, l'ortogonale *Z&* rappresenta il circolo verticale. Entrambi i cerchi appaiono come linee perché raffigurati di profilo. In questo sistema di riferimento locale, detto anche orizzontale, il punto *Z* corrisponde allo zenit, mentre *&* al nadir. Poiché la linea *fg*, Tropico del Cancro, interseca *xy* nel punto 2, in questa posizione il Sole sorge e tramonta il 21 giugno. Così facendo Barbaro stabilisce quanta parte del percorso solare si dispone sopra l'orizzonte, il giorno va da *2* a *f*, e quanta sotto, la notte da *2* a *g*. Per trovare la vera posizione del Sole all'alba e al tramonto sul Tropico del Cancro, è sufficiente condurre un'ortogonale a *fg* sulla semicirconferenza ribaltata, segnando il punto *1* [fig. 5].

La suddivisione delle ore

Si rappresenti separatamente il cerchio del Tropico





4.

4. Ricostruzione dell'analemma di Tolomeo (Elaborazione grafica dell'autore).

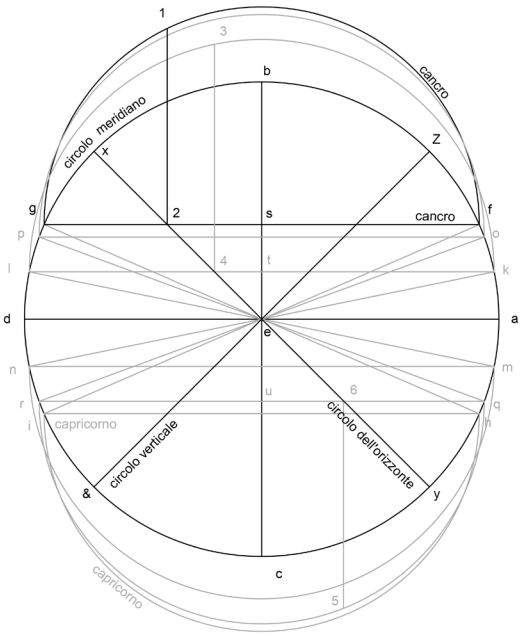
del Cancro, in modo da poter suddividere il suo arco diurno secondo una scansione oraria opportuna. Barbaro sceglie le ore temporarie degli antichi, ottenute suddividendo il giorno chiaro in dodici parti uguali, tali che l'ora zero corrisponda all'alba, la dodicesima al tramonto e la sesta al mezzogiorno. Poiché la durata del giorno varia durante l'anno, le ore temporarie, dette anche canoniche o planetarie a seconda della loro funzione, hanno d'estate una durata maggiore che d'inverno. Dopo aver diviso in dodici parti uguali la porzione del Tropico del Cancro, Barbaro proietta le scansioni orarie sul diametro *fg*, indicandole con i numeri corrispondenti [fig. 6].

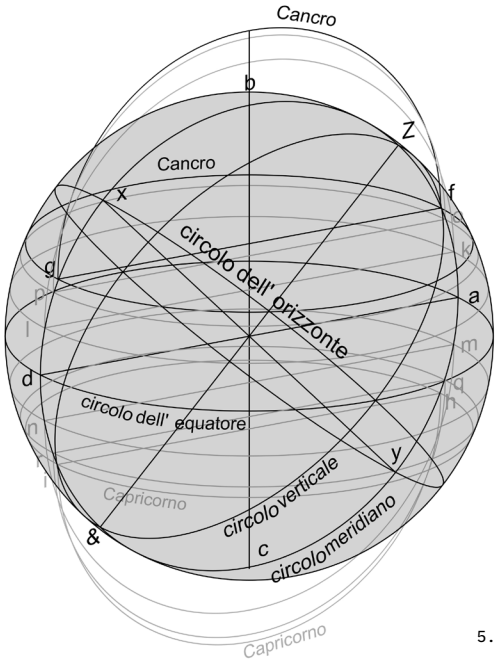
La lunghezza delle ombre

per proseguire la costruzione della meridiana orizzontale è necessario integrare la suddivisione delle ore con i grafici precedenti e, per questo motivo, si riportano sull'analemma gli intervalli della scansione oraria, compiuta sul diametro *fg*. Da questi punti si conducano le parallele a *xy* fino al circolo del meridiano, in modo da fissare le altezze del Sole a seconda dell'ora presa in esame il 21 giugno. Se si pone la punta dello gnomone nel centro e del sistema, dopo aver stabilito la sua altezza *ez* e fissato il piano *T*, che conterrà l'orologio solare, si può procedere con l'individuazione delle lunghezze delle ombre. A questo scopo, basterà congiungere il punto sul meridiano,

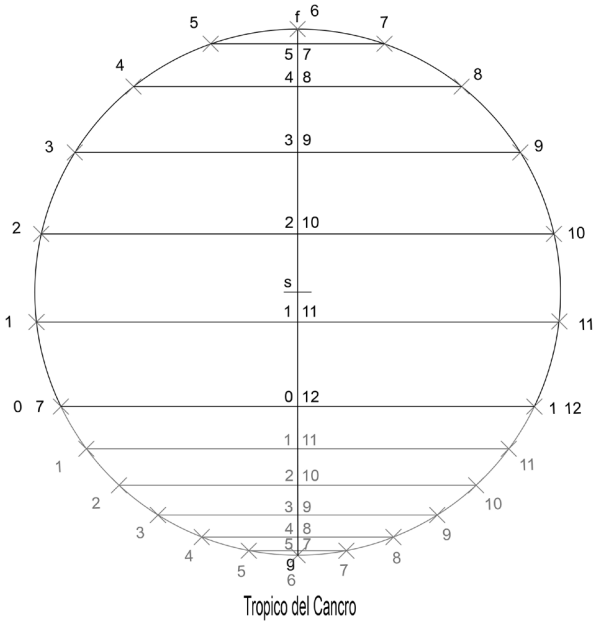
5.
Inserimento del sistema di riferimento locale nell'analemma di Tolomeo (Elaborazione grafica dell'autore).

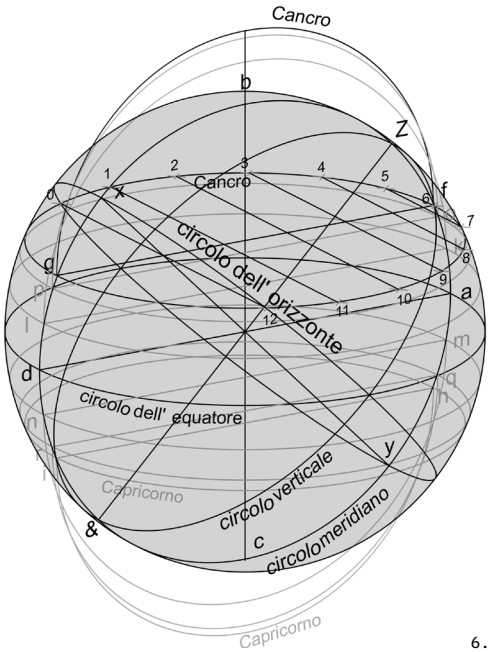
6.
Suddivisione dell'arco diurno del Tropico del Cancro in 12 ore uguali (Elaborazione grafica dell'autore).



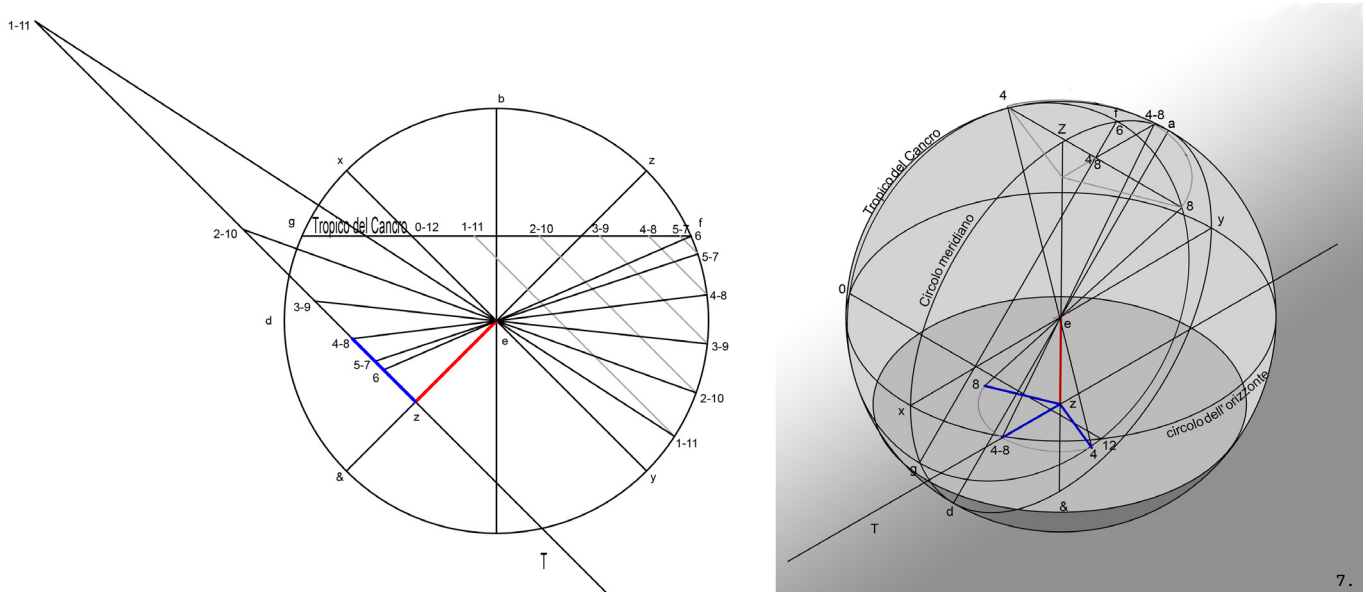


5.





6.



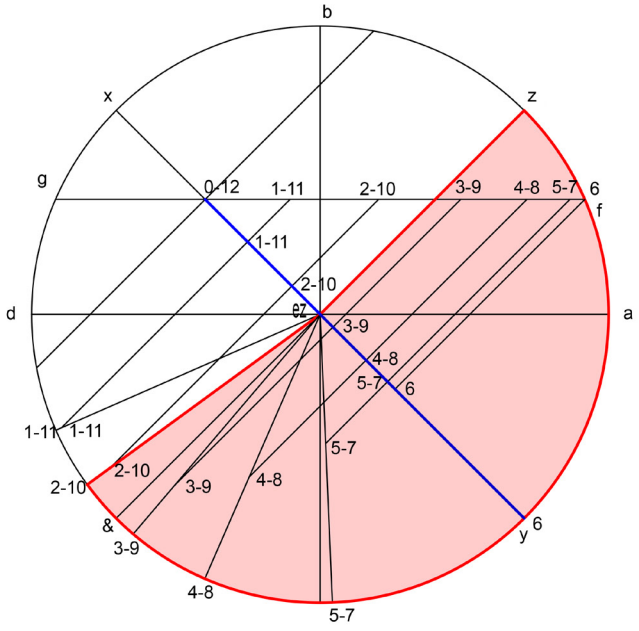
che denota l'altezza del Sole in un dato momento del giorno, con la punta dello gnomone e, prolungando il raggio fino al piano *T*, dove si leggerà la misura della lunghezza delle ombre a partire da *z*, piede dello gnomone. In blu è stata evidenziata la lunghezza dell'ombra corrispondente alla 4ª e 8ª ora [fig. 7].

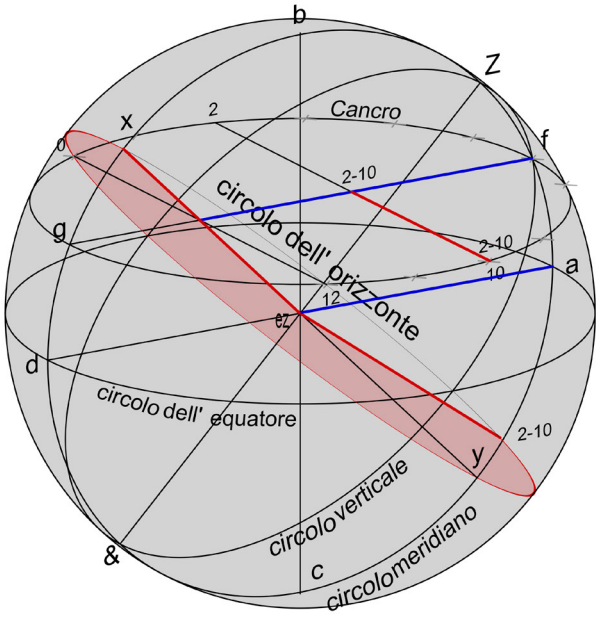
La direzione delle ombre

Ricominciando dagli intervalli della scansione oraria del diametro *fg*, si conducano le parallele alla linea che rappresenta il circolo verticale *Z&* e si estendano verso il circolo meridiano. Dove queste rette intersecano la linea *xy*, circolo dell'orizzonte, si segnino le corrispondenti scansioni temporali. Da questo momento in poi è necessario cambiare letteralmente punto di vista e considerare l'analemma in pianta, cioè dobbiamo immaginare di "percepire il sistema dall'alto", in modo tale che punta e piede dello gnomone coincidano con il centro della circonferenza *ez*. Si misurino le vere posizioni che il Sole occupa il 21 di giugno, lungo il moto circolare apparente e nelle diverse ore del giorno, rispetto al diametro *fg*. Si riportino queste distanze nell'analemma sulle linee parallele a *Z&* a partire dalle suddivisioni orarie su *xy*; in questo modo sarà possibile fissare una serie di punti, i quali, se congiunti con il piede dello gnomone (centro della circonferenza *ez*), segneranno la direzione dell'ombra. L'angolo della direzione dell'ombra si misura sul circolo meridiano a partire dallo zenit *Z*. A titolo di esempio, si veda la misura angolare valida per 1ª, 2ª e

7.
Calcolo della lunghezza delle ombre di uno gnomone il 21 giugno (Tropico del Cancro) (Elaborazione grafica dell'autore).

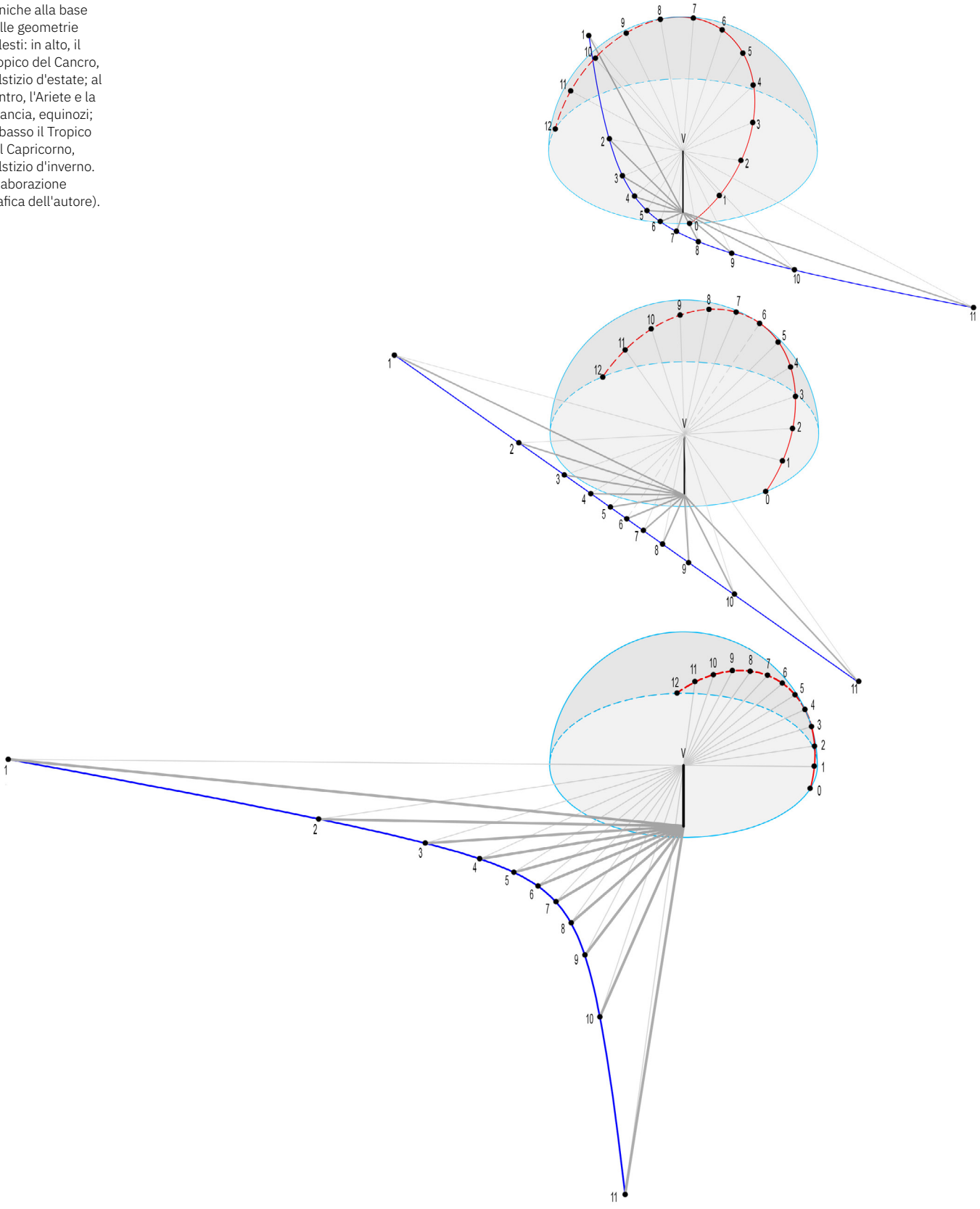
8.
Calcolo della direzione delle ombre di uno gnomone il 21 giugno (Tropico del Cancro) (Elaborazione grafica dell'autore).





8.

9.
Analisi delle sezioni coniche alla base delle geometrie celesti: in alto, il Tropico del Cancro, solstizio d'estate; al centro, l'Ariete e la Bilancia, equinozi; in basso il Tropico del Capricorno, solstizio d'inverno. (Elaborazione grafica dell'autore).



9.

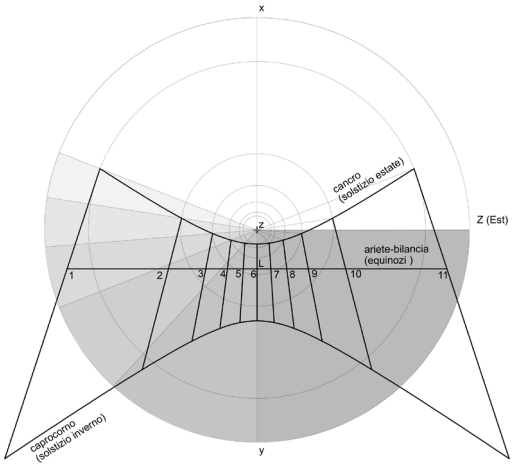
10ª ora del giorno, evidenziata in rosso [fig. 8]. Nei commenti al Libro IX di Vitruvio, Daniele Barbaro non spiega che, nello schema relativo alla direzione delle ombre, il cambio del punto di vista genera un 'rimescolamento' del sistema di riferimento. La circonferenza *abcd* non denota più il circolo meridiano ma l'orizzonte, mentre la linea *xy*, che prima indicava l'orizzonte, ora rappresenta il circolo meridiano. L'unica linea a non aver modificato la sua funzione è il cerchio verticale *Z&*, ma si tenga presente che *Z* non contrassegna più lo zenit ma l'Est. È da questo punto che dobbiamo partire con la misurazione dell'angolo, sul circolo dell'orizzonte *abcd*, per stabilire la direzione delle ombre. I motivi che portano il nostro autore a tacere su un fatto così importante sono da attribuire alla vocazione pratica delle sue intenzioni. In sostanza Barbaro non desidera confondere il lettore con problematiche teoriche, risolte attraverso i ribaltamenti dei circoli di riferimento, limitandosi a fornire una descrizione speditiva, utile a disegnare una meridiana orizzontale.

Il disegno della meridiana orizzontale

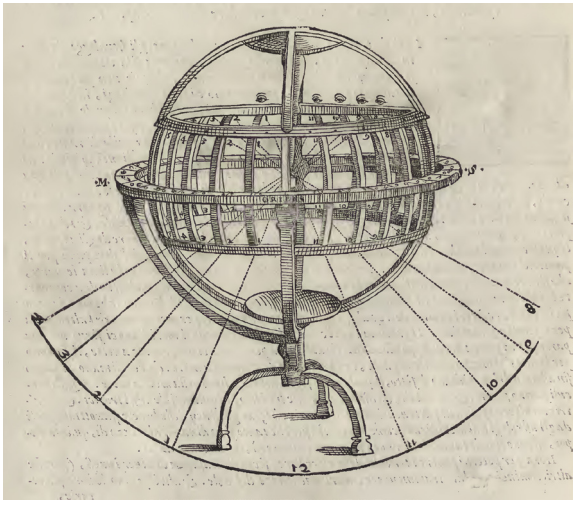
Dopo aver delineato gli analemmi, la costruzione di un orologio solare risulta semplice. Si disegni una circonferenza di centro *z* (piede dello gnomone) e, a partire da destra, cioè dal punto *Z*, che denota l'Est, si riportino sulla circonferenza gli archi delle direzioni corrispondenti alle ore mattutine (settori circolari in grigio). Si congiungano le estremità di questi archi con il centro della circonferenza e, subito dopo, a partire da *z*, si riportino le lunghezze delle ombre relative alle diverse ore del giorno (cerchi concentrici). I risultati, ricavati in questo modo, devono essere specchiati rispetto al meridiano *xy* per ottenere l'andamento pomeridiano. Se, alla fine di questo procedimento, si uniscono tutti i punti si ottiene un'iperbole, segnatamente la curva descritta dall'ombra dello gnomone il 21 giugno, giorno in cui il Sole entra nel Cancro. Analogamente si può procedere con le altre date importanti dell'anno, tenendo a mente che, nei giorni in cui il Sole entra nei segni zodiacali, la punta dello gnomone descrive sul piano orizzontale sempre iperboli, tranne che per gli equinozi, il 21 marzo (Ariete) e 21 ottobre (Bilancia), giorni in cui l'ombra della punta dello gnomone traccia una retta nella direzione Est-Ovest. Secondo l'approssimazione di Barbaro, adottata per la latitudine di Venezia pari a 45 gradi, questa retta passa a mezzogiorno attraverso il punto *L*, perché la lunghezza dell'ombra *zL* eguaglia l'altezza dello gnomone [fig. 9]. Queste ultime considerazioni permettono di tirare le somme del discorso fin qui compiuto, descrivendo il problema dal punto di vista geometrico. Ogni giorno dell'anno il Sole sorge e tramonta sopra l'orizzonte, delineando nel cielo una traiettoria circolare (in rosso). Questo tratto di circonferenza costituisce la direttrice di un cono a doppia falda, con il vertice *V* nella punta dello gnomone. Una di queste falde è luminosa, essendo le generatrici i raggi del Sole, mentre l'altra è composta da raggi d'ombra. Il cono d'ombra è tagliato da un piano obliquo e la sezione che si genera è un'iperbole (in blu). Nei due giorni dell'equinozio accade però che la sezione del cono corrisponda ad una retta, perché la traiettoria circolare del Sole, direttrice del cono, e la punta dello gnomone sono contenuti nel medesimo piano, l'equinottiale [fig. 10].

L'*horario universale*

Come tutto questo c'entri con la *perspectiva artificialis* Daniele Barbaro lo spiega molto chiaramente quando nel suo libro, definendo la piramide visiva, si appella all'autorità delle *Coniche* di Apollonio e dell'*Ottica* di Euclide. Il fondamento scientifico delle sezioni coniche, in riferimento alla gnomonica e alla prospettiva, è reso ancora più esplicito nella descrizione dell'orologio universale di sua invenzione. Nella illustrazione fornita dal nostro autore, rilevia-



10.



11.

10.
Disegno della meridiana orizzontale (Elaborazione grafica dell'autore).

11.
Horario universale (Barbaro 1568, p. 188).

mo lungo il Tropico del Cancro una sequenza di occhi disincarnati che emanano rette, succedanee dei raggi luminosi del Sole e delle proiezioni d'ombra dello gnomone [fig. 11]. La critica ha essenzialmente trascurato l'importanza di questo strumento, i cui risvolti teorici risulteranno invece particolarmente fecondi, se non nella gnomonica, quanto mento in campo prospettico. Il testo che descrive foggia e funzione del dispositivo è stato persino male interpretato, confondendo le dimensioni dell'orologio, il ruolo assunto dai fori lungo i circoli astronomici e lo scopo dei fili di cotone che, in realtà, Barbaro indica come fatti di seta (Losito 2018, p. 284, Severino 2007). Il dispositivo: "non solomante è horaloggio in se, ma è instrumento di fare horaloggi, in ogni piano, in ogni elevatione, et con ogni sorte di hore" (Barbaro 1568, p. 187). Si tratta di un oggetto assimilabile ad una sfera armillare, in quanto rappresentazione semplificata della sfera celeste contenente: i poli, i circoli polari, i due coluri, l'orizzonte, il tropico del Cancro e il tropico del Capricorno. Così composto lo strumento è un'interpretazione dell'universo tolemaico, che però Barbaro trasforma in orologio solare grazie all'inserimento di 24 porzioni di meridiani i quali suddividono i tropici in parti uguali, fissando così le ore astronomiche. A questo proposito, l'*horario universale* di Barbaro mostra una suggestiva somiglianza con un 'globo celeste e terrestre', conservato presso il Museo Correr di Venezia, dal quale il nostro autore potrebbe aver tratto ispirazione [fig. 12]. Questo esemplare, risalente nella sua parte originale al XVI secolo (Monteleone 2020, pp. 113-115; Camerota 2008, pp. 30-31), è stato ricavato da una lamina traforata di ottone e presenta una suddivisione oraria identica a quella del dispositivo di Barbaro. Benché probabilmente di fattura francese, come alcuni nomi geografici lasciano supporre, si registra la sua presenza a Venezia già a metà del Cinquecento ed è probabile che questo strumento abbia ispirato la costruzione di esemplari simili, di poco successivi. Il nostro autore è perfettamente consapevole che un sistema orario così rigido non avrebbe potuto soddisfare tutte le esigenze dei lettori, che avevano usanze orarie differenti a seconda dei luoghi in cui vivevano; per questa ragione suggerisce di sovrapporre altri due circoli, uno per tropico, tali che non possano: "uscire dalla circonferenza di quelli (i tropici), et questi circoli deono essere divisi in parti 24, eguali, et nel termine di ciascuna parte farli uno piccolo foro, accioche per quelli fori possino passare alcuni fili di seta, che vanno da uno tropico all'altro, et sono termini di quelle ore, che vogliamo ponere, o dalla sera, o dal principio del giorno, o altrimenti" (Barbaro 1568, p. 188).

Dunque i fori servono a fissare i fili di seta, utili quando si desidera modificare il sistema orario, e non ad intercettare la punta dello gnomone con lo sguardo, come alcuni hanno erroneamente ipotizzato, confondendoli con il foro dell'anello, posto al centro del sistema, che sostituisce la punta dello gnomone. Del resto Barbaro, consapevole delle difficoltà che si incontrano quando si vuole tirare un filo per ricavare una perfetta linea retta, suggerisce piuttosto di ricorrere a "qualche sottilissimo ferro"

12.

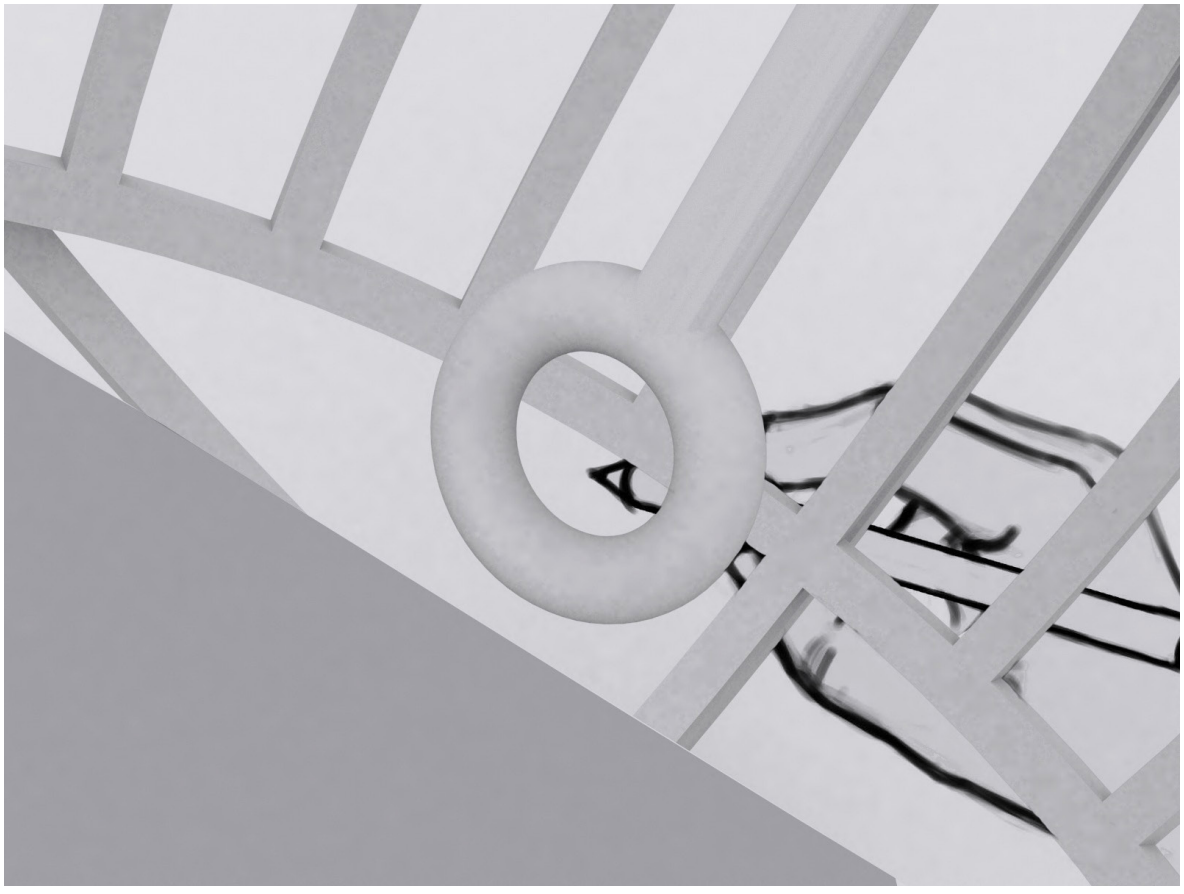
13.

12.
Globo terrestre e celeste, XVI secolo. Venezia: Museo Correr.

13.
Lettura delle ore. Lo strumento scandisce le ore astronomiche quando l'ombra dello gnomone, identificato dall'anello posto al centro, cade su quella degli archi fissi (Elaborazione grafica dell'autore).

(Barbaro 1568, p. 189). Una sperimentazione digitale dimostra inequivocabilmente che l'espediente dei fili di seta si conferma più utile alla suddivisione delle ore che alla lettura diretta del tempo. Infatti, Se si espone il dispositivo ai raggi solari, l'anello proietta un'ombra che segna il cambio dell'ora quando essa cade sull'ombra prodotta dagli archi fissi dell'orario astronomico [fig. 13]. Se si desidera passare ad un altro sistema di misurazione del tempo, è necessario, come afferma Barbaro, annodare i fili ai fori dei circoli mobili dei tropici; in questo modo però la seta si tende in linea retta, mentre l'andamento corretto di un circolo orario sarebbe quello di un arco di circonferenza. Di fatto l'ombra di un filo dritto approssima adeguatamente quella dell'arco orario solo verso mezzogiorno. L'anomalia, benché rilevante, è taciuta dal nostro autore, forse perché il filo di seta resta comunque un espediente comodo e sufficientemente adeguato nel disegnare le meridiane. Barbaro ha ideato uno strumento facilmente trasportabile, dato che ha "per diametro poco meno di mezzo piede" (circa 15 cm) (Barbaro 1568, p. 187); la sua funzione principale è quella di sostituire un altro dispositivo simile, la mezza sfera, largamente diffusa nel Rinascimento per la delineazione degli orologi solari (Severino 2007, p. 4). L'*horario universale* di Barbaro è più versatile rispetto alla mezza sfera perché, oltre ad adeguarsi alle consuetudini orarie di tutta Europa si può, facendo perno sull'asse che va da levante a ponente, "volgere, et alzare, et abbassare secondo la elevatione dei poli" (Barbaro 1568, p. 188). Questo movimento rende possibile l'adeguamento alla latitudine di qualunque luogo, permettendo di tenere conto della posizione geografca in cui si opera. Il nostro autore spiega come tracciare una meridiana attraverso una riflessione cruciale nella definizione della similitudine tra gnomonica e prospettiva: "et comincia a guardare, dove il meridiano taglia il tropico del Cancro, et passa con la vista per lo foro della punta dello stile, et per lo punto opposto al taglio del meridiano, et del tropico del Cancro fin al piano, et dove ti porta la vista sopra il piano segna il punto" [fig. 14] (Barbaro 1568, p. 189).

La perfetta coincidenza tra raggio di luce-ombra e raggio visivo raggiunge in queste poche righe una chiarezza adamantina, solo che queste parole sollevano un problema implicito, anche se sostanziale, riconducibile alla posizione che i termini di una prospettiva occupano normalmente. I pittori avevano la consuetudine di considerare il quadro che accoglie la delineazione prospettica interposto tra l'occhio e l'oggetto da disegnare. Invece, appoggiandosi alle regole della gnomonica, Daniele Barbaro dimostra che è possibile rivoluzionare la disposizione spaziale



14.

14.
Tracciamento di un punto della meridiana, dopo aver posizionato l'occhio lungo il Tropico del Cancro, passando per l'anello al centro dello strumento e il punto opposto sul Tropico del Capricorno (Elaborazione grafica dell'autore).

di questi elementi. Nell'arte di tracciare gli orologi solari l'occhio è, di fatto, sostituito dalla punta dello gnomone e il quadro, che accoglie il grafico dalla meridiana, si trova disposto al di là dell'oggetto che si desidera rappresentare, nel caso specifico un punto da traguardare. In pratica, la sequenza spaziale occhio-quadro-oggetto è rimescolata in un altro ordine: occhio-oggetto-quadro. Le ricadute, che l'orologio universale di Barbaro avrà negli anni successivi alla pubblicazione de *La pratica della perspettiva*, non devono essere cercate nel mondo della gnomonica poiché, per quanto innovativo, lo strumento non rompe gli schemi tradizionali della disciplina. È invece opportuno rivolgere la nostra attenzione ai cambiamenti che si rilevano negli sviluppi della teoria prospettica, in particolare in riferimento all'anamorfosi.

Conclusioni

Nella seconda edizione dei commenti a Vitruvio, data l'importanza dell'analemma, Barbaro sostituisce la descrizione degli orologi solari progettati dagli antichi con i grafici necessari alla loro esecuzione materiale. L'intento di proporre la realizzazione delle meridiane per mezzo di grafici è lodevole ma si scontra con l'incoerenza tra testo e immagini. Per essere più precisi il testo è corretto ma i contrassegni delle immagini sono in posizioni sbagliate. È lecito quindi imputare questi errori agli incisori dei legni per le xilografie piuttosto che Barbaro. Del resto il nostro autore era stato capace di inventare l'*horario universale*, uno strumento che aggira le difficolta dei calcoli e permette in maniera del tutto pratica di delineare orologi solari a qualsiasi latitudine e su qualsiasi superficie. Per ideare questo strumento Barbaro ha sfruttato i precetti delle sezioni coniche. I coni sono reificati dall'occhio (vertice) e dai raggi visivi o umbratili (generatrici), un procedimento simile a quanto accade in una prospettiva. Forse l'approssimazione dei risultati ottenuti con l'*horario universale* non soddisfece il rigore scientifico a cui ambivano gli astronomi, ma sicuramente pose le basi nell'arte per una rivoluzione in campo prospettico: la diffusione dell'anamorfosi nel secolo successivo.

Bibliografia

Barbaro D. (1556). *I dieci libri dell'architettura di M. Vitruvio. Tradotti & commentati da mons. Daniel Barbaro eletto Patriarca d'Aquileia, da lui riveduti & ampliati; & hora in piu commoda forma ridotti*. Venezia: Francesco Marcolini.

Barbaro D. (1567). *I dieci libri dell'architettura di M. Vitruvio. Tradotti & commentati da mons. Daniel Barbaro eletto Patriarca d'Aquileia, da lui riveduti & ampliati; & hora in piu commoda forma ridotti*. Venezia: Francesco de' Franceschi.

Barbaro D. (1568). *La pratica della perspettiva di Monsignor Daniel Barbaro Eletto Patriarca d'Aquileia*. Venezia: Camillo e Rutilio Borgominieri.

Camerota F. (2008). Gli strumenti scientifci dei Musei Civici Veneziani. In *Bollettino dei Musei civici veneziani*, 3, 3, pp. 29-79.

Commandino F. (1558). *Federici Commandini Urbinatis In Planisphaerium Ptolemaei Commentarius*. Venezia: Paolo Manuzio.

Commandino F. (1562). *Claudii Ptolomaei Liber de Analemmate*. Venezia: Paolo Manuzio.

Dürer, A. (1525). *Underweysung der Messung, mit dem Zirckel und richtscheyt, in Linien, Ebnen und gantzen Corporen…* Nuremberg: Hieronymus Andreae.

Losito M. (2018). Daniele Barbaro inventore: il *De horologis describendis libellus* e l'*Horario universale* nella teoria e nella pratica vitruviana. In Lémerle F. et al. (a cura di). *Daniele Barbaro 1514-1570. Vénitien, patricien, humaniste*, pp. 273-285. Turnhout: Brepols.

Maurolico F. (1543). *Cosmographia Francisci Maurolyci Messanensis Siculi, In tres diaologos distincta*. Venezia: Lucantonio Giunta.

Monteleone C. (2020). *La Prospettiva di Daniele Barbaro: Note Critiche e Trascrizione Del Manoscritto It. IV, 39=5446*. Roma: Aracne.

Monteleone C., Williams K. (2021). *Daniele Barbaro's Perspective of 1568*. Cham: Birkhäuser.

Pagliano A. (2018). Le Ore Del Sole: Geometria e Astronomia Negli Antichi Orologi Solari Romani. Roma: Editori Paparo.

Severino N. (2007). Daniele Barbaro: una passione per la gnomonica. http://www.nicolaseverino.it (consultato il 12 maggio 2023)

Severino N. (2011). *Storia della gnomonica. Storia degli orologi solari dall'antichità alla rinascenza*. Roccasecca: N. Severino.

Williams K. (2019). *Daniele Barbaro's Vitruvius of 1567*. Cham: Birkhäuser.

Ianeiro, & Feuereiro, como tudo na uolta da folha parece, com as horas nellas escriptas.

Do Relógio de Sol, pelas juntas das mãos [From the Sundial, using the knuckles of the hands]. In Sequeira 1612, f.161r (Source Portuguese National Library/ BNP).

Sundials. Inventory of a forgotten heritage

Abstract

Este artigo incide sobre o projeto coletivo *Relógios de Sol. Inventário de um património esquecido*, explicitando os seus objetivos, âmbito de atuação e investigação, bem como as atividades de extensão desenvolvidas, com particular destaque para os estudos relativos à gnomónica portuguesa e inventário nacional de relógios de sol. Uma investigação que visa reconhecer o acervo de relógios de sol portugueses e chamar a atenção para as questões que tais artefactos colocam nos domínios da Geometria, da Astronomia e da História da Arte.

This article focuses on the collective project *Relógios de Sol. Inventário de um património esquecido* [Sundials. Inventory of a forgotten heritage], setting out its objectives, scope of action and research, together with the undertaken outreach activities, placing particular emphasis upon studies on Portuguese gnomonic and an inventoried collection of sundials. A research that aims at recognizing the collection of Portuguese sundials and drawing attention to questions that such artefacts pose within the domains of Geometry, Astronomy and Art History.

Parole chiave

Portuguese Sundials
Gnomonic
Heritage

Maria Elfrida Ralha
School of Sciences, University of Minho
→ eralha@math.uminho.pt
João Cabeleira
School of Architecture, Art & Design, University of Minho
→ joaocoelho@eaad.uminho.ptv
Ângela Lopes
School D. Manuel de Faria e Sousa, Felgueiras
→ angelafafe@gmail.com

Introduction

Sundials promote both science and art and may, still at present, tell us much more than each one´s true time of the day. By illustrating the sun's daily motion, outlined by shadows, in different geographies and at different ages, sundials may not work anymore, but its design, construction and installation still embody meaningful stories and innumerous understandings.
This article reports on a collective project *Relógios de Sol. Inventário de um património esquecido* [Sundials. Inventory of a forgotten heritage], designed with multiple interfaces from an inventory of Portuguese sundials and setting out its initial objectives, scope of action and research on the North of Portugal. Particular emphasis has been placed upon Portuguese gnomonic treatises/literature and on the study of sundials within the domains of Geometry, Astronomy and Art History.
Our collective project is led by researchers from the School of Sciences (ECUM) and from the School of Architecture, Art and Design (EAAD), at the University of Minho, in Portugal. Collaborative work was also extended to other experts[1] on the subject of sundials, combined with civil (private and public) and religious institutions[2].

Relógios de Sol: many forms and styles, connecting numerous people

Sundials are precious artefacts, probably the first scientific instruments ever built, whose long history offers endless opportunities, although often forgotten and in the urge of rehabilitation!
Our wish to identify and study such objects rests on two main justifications:
- pedagogical and/or cultural scenarios, possibly addressed to many audiences: from explicit scientific and artistic approaches to implicit geographical and social ones.
- consciousness that, in recent years, some of our sundials have simply disappear and others may also be close to follow the same destiny.

Following a pragmatic methodology, the epicentre of our first activities was Braga, including the neighbouring municipalities of Amares, Barcelos, Celorico de Basto, Fafe, Guimarães, Póvoa de Lanhoso, Terras de Bouro and Vila Verde.
According to the outlined objectives, we have defined a set of entangled activities, such as: gathering a set of national collaborators/tutors; implementing a national sundial competition, aimed at pre-university scholar audiences; developing pedagogical and research actions with university students; organizing an exhibition and seminars; divulgating the outcomes of our research.
In the present article, the authors will report on the implementation of two of these items: *the Relógios de Sol* [Sundials] exhibition, set out to celebrate the Portuguese national week of Science and Technology (November 2022), and the pedagogical experience involving BSc. students, from a course on 'History of Mathematics'. We will, as well, take the opportunity to report some of the research conducted on the listing and study of some Portuguese works on Gnomonic.

1.
Image of the exhibition room during the opening day. In the foreground Gaspar Machado's 'literary' performance (Photograph by the authors).

1.

Sundials case studies: the exhibition & al.

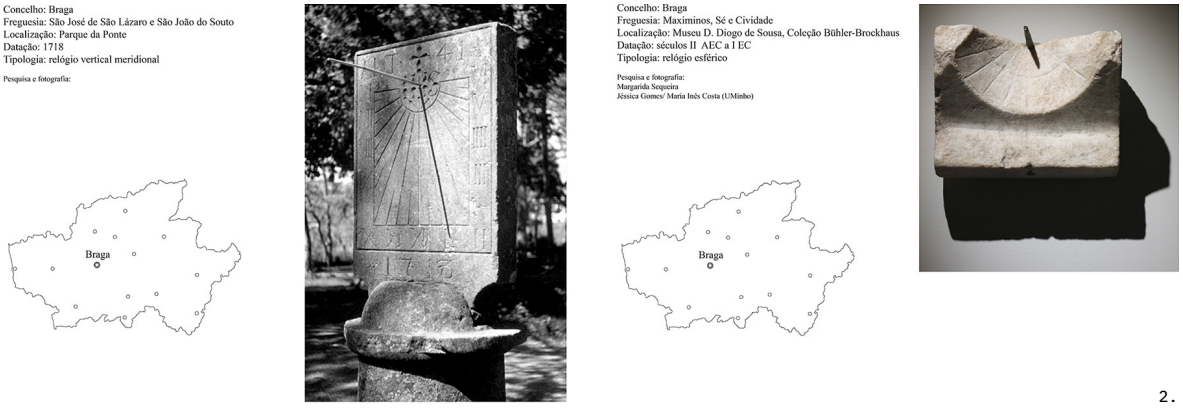
The exhibition *Relógios de Sol* [Sundials], took place at Biscainhos Museum (Braga), from November 2022 to January 2023[3]. Its opening, on the 24th of November, aimed at revealing the theme to a wide audience, was also the opportunity to debate sundials through the communications presented by two invited speakers[4] and to offer a small 'literary' performance[5] [fig. 1] with readings of sundials inscriptions (often in Latin, with diverse purposes: religious, philosophical, scientific, political, etc.).

The exhibition was designed to show selected photographic documentation, accompanying each sundial with its respective cataloguing of essential data, and to illustrate the study and design of sundials from a perspective of a notorious scholar (General Henrique Pereira do Vale). The authors' decision rested on a selection[6] of 36 sundials, according to specific planning purposes, described as follows.

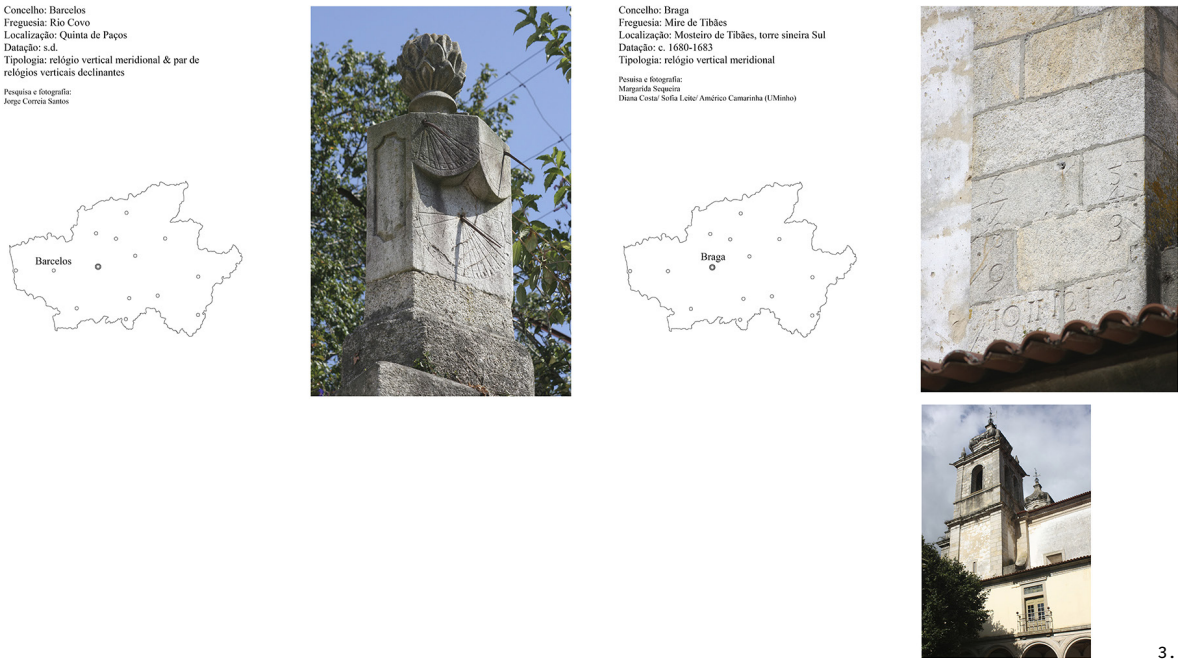
The urgency of identifying sundials was highlighted by questioning the purposes, the whereabouts and the relocation of such artefacts. For example: a piece from 1718, photographed at its original setting in the 1950s in São João da Ponte (Braga) [fig. 2, left], was removed during works on a public area requalification; its location is currently unknown. On the other hand, most of the sundials exhibited do not 'work': they are mostly ornamental pieces, without gnomons, many of them integrating private or museum collections [fig. 2, right], and dislocated from its original places; nevertheless, they may still be rehabilitated and they are definitely symbols to many stories to be unveiled.

Our selection also aimed at emphasising a philosophical-literary dimension related to sundials, by means of the mottoes registered in some of them[7].

Within the selected samples one identifies the prevalence of two sundial typologies: the meridional vertical sundial (such as both sundials of Braga's Cathedral, an original eleventh century building) and the double declining sundials, facing both east and west (like those from manor houses in Ribeiro and Pombais). However, a sundial combining both typologies was also identified at the Paços Manor House [fig. 3,



2.



3.

2. Exhibition poster with the sundials of São João da Ponte and from the D. Diogo de Sousa Museum: example of objects removed from its original location (Graphics elaboration by the authors).

3. Exhibition poster with the sundials from Paços Manor House and Monastery of Tibães: example of objects with different typologies (Graphics elaboration by the authors).

left]. In the Monastery of Tibães, the meridional vertical sundial, integrated in the South bell tower and facing the cloister [fig. 3, right], clearly for private reading by the Benedictine monks of the Congregation, exhibits Indo-Arabic numerals, opposed to the traditional coeval hegemony of Roman numerals.

Sundials carved in an autonomous granite block (the recurrent construction material in the region) are frequent and potentially prone to being dislocated from their original settings; in this situation, researchers are fully aware of the risks of thefts, attached to disclosing the identification of some of

4.

5.

4.
Exhibition poster with the sundials of São Longuinhos and from the Manor House of São Cipriano: example of objects and architectural integration (Graphics elaboration by the authors).

5.
Exhibition table showing the selection of the General Pereira do Vale's private collection (Graphics elaboration by the authors).

the sundials found in remote places. Other sundials are part of buildings and one can attest the harmonious combination with architectural purposes: São Longuinhos' sundial (at the Sacromonte of Bom Jesus, in Braga) is integrated as a complementary piece (often ignored, as researchers demonstrated) in the pedestal of an equestrian statue of the saint [fig. 4, left]; one of the sundials at Braga's Cathedral is also integrated in the balustrade of the bell tower and the São Cipriano's Manor house, at Guimarães, is located on a windowsill [fig. 4, right].

The exhibition also emphasised a wonderful family archive gathered by a Portuguese General, Henrique Pereira do Vale (1889-1974), with a fascinating life story, spanning from a brilliant military career to an exquisite and well documented passion for the study and construction of sundials. This nucleus of the exhibition constituted an opportunity to photograph, inventory and archive some items belonging to General Pereira do Vale's collection[8] [fig. 5]; among the selected material one could also appreciate part of an extensive correspondence, exchanged by the General and the Poet Afonso Lopes Vieira (1878-1946), discussing the delineation and accuracy of sundials.

The initial inventory had already allowed the identification of a set of sundials, dispersed throughout the region of Braga, but the exhibition fomented the expansion of such a list, inasmuch as several visitors sent news and images of sundials, keen to enhance the value of the held heritage.

Portuguese Gnomonic works from the past

The well-known age of Portuguese maritime discoveries was not a result of haphazard adventures that lasted several centuries, but the outcome of intensive and multiple tasked planning, which can be traced back to the thirteenth century and led our sailors, through well documented and cartographied expeditions, all around the terrestrial globe. Within such a methodical strategy, Portuguese 'science of time', mainly during the fifteenth and sixteenth centuries, was definitely influenced by the Hebraic tradition and Gnomonic played an important role, both as an original component of this plan of action and as a science that was being developed together with the implementation of such a plan.

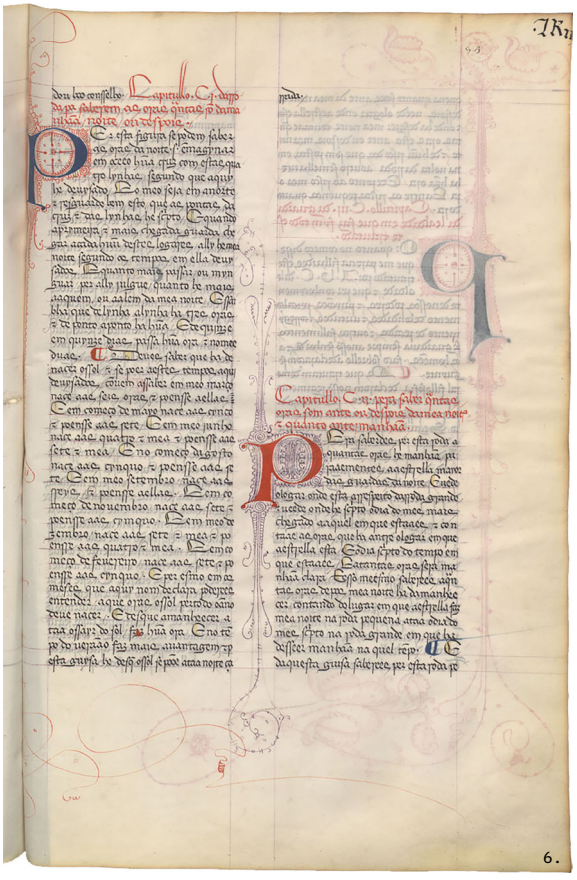
Sundials, designed to be used for a particular latitude would, obviously, offer no help for sailing, but many other astronomic instruments (such as nocturlabes, for example) also relied on the apparent movement of stars (including the sun, and independently of the geo or heliocentric model adopted) for driving Portuguese sailors through 'seas never sailed before'. Such an enterprise promoted nautical studies, interestingly known as '*Arte de navegar*' [Navigation Art], and brought together pilots/ sailors, artisans/ artists and mathematicians/ cosmographers.

At present, the study of Portuguese sundials may still seem incomplete, from the point of view of knowledge derived from bibliographic documentation. At the same time, and among the historical Gnomonic works that have already been listed, many are unidentified or yet to be studied and/or widespread.

The span of our search was placed at Gnomonic works, from the XV, XVI and XVII centuries, being the research extended to primary sources not necessarily catalogued as scientific works. Some of our main primary sources stand as follows.

- '*Leal Conselheiro*', D. Duarte. Portuguese King D. Duarte (1391-1438; brother of D. Henrique, the Navigator) wrote about ethics and, among his advices, one may find encouragement for his readers (probably noblemen of his Court) to study astronomy. In particular, his justification relied on the important role played by the northern constellation of Ursa Minor and its Polaris (that was causing particular worries to our sailors when, heading South, saw it vanishing on the horizon). Furthermore, it is possible to deduce that sundials, in fifteenth century Portugal, could also be used to know the time at night, even if, unfortunately, D. Duarte's manuscript lacks the corresponding figure, that should have been drawn in the space left in the folium[9] [fig. 6].

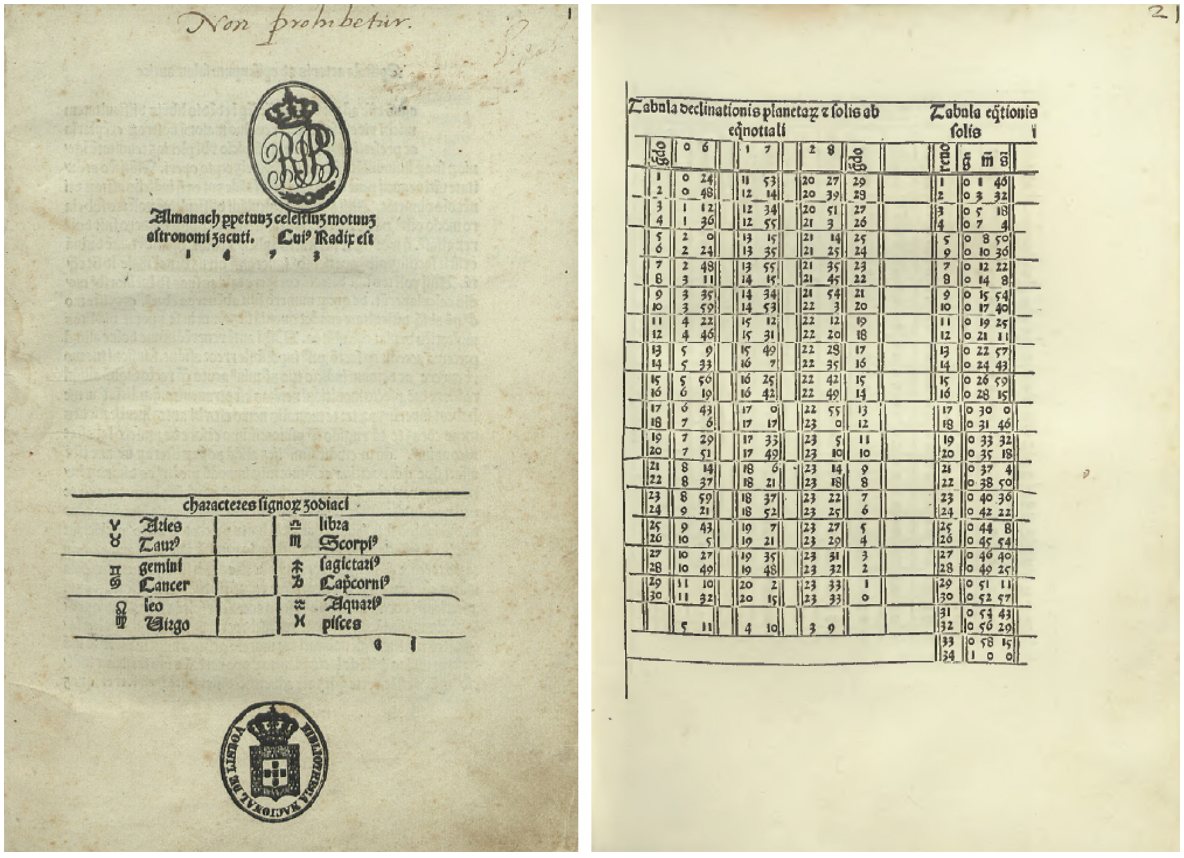
- '*Almanach Perpetuum*', Abraão Zacuto e José Vizinho. As Portuguese ships sailed further south, along the African coast, a new method for determination of latitudes in high seas was created and adopted: it



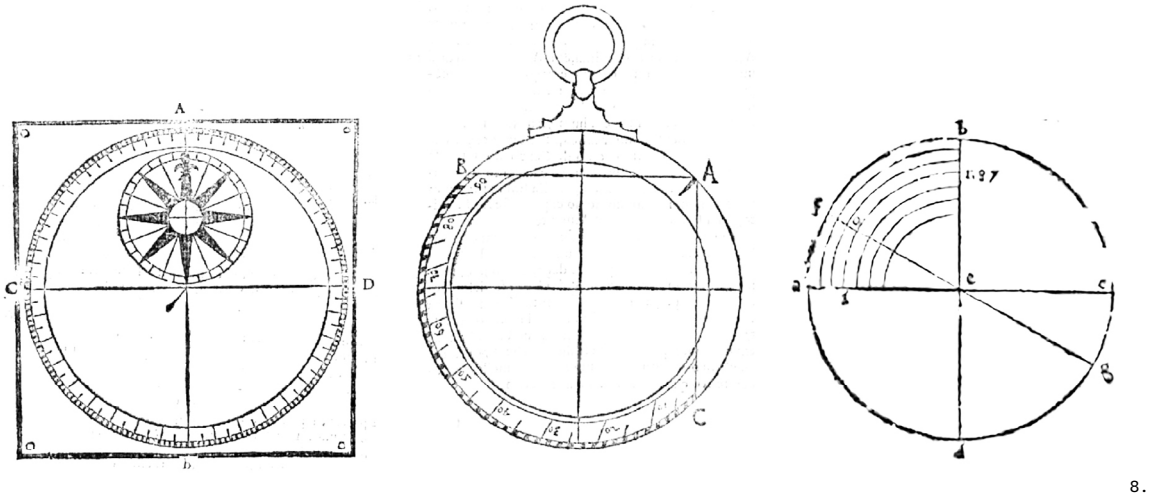
6.
Da rroda pera saberem as oras quantas som da manhãa, noite, ou despois [From the wheel to know how many hours are in the morning, night, or after]. In Duarte I 1437–1438, f.95r (Source gallica.bnf.fr / BnF).

was based on the Sun's declination for the specific day and on the Sun's altitude at noon measured in its passage across the meridian of the place (Lopes 2006). José Vizinho, one of the cosmographers[10] of King João II, has been described as possible author of the pioneering written version of *Regimento do Sol in Guia Náutico de Munique* relating it to an experimental trip to Guinea, in 1485, where Mestre José was already applying those new rules. Da Mota explains the challenges for the generalization of the new methodology, namely: fundamentals of astronomy for navigators, suitable observation instruments, clear rules and simple calculations, solar declination tables that may be easy (Da Mota 1960). We must, therefore, mention the Sun declination tables in *Almanach perpetuum celestium motuum* (Radex 1473; Leiria 1496) first written in Hebrew by Abraão Zacuto (1450-1522) and translated into Latin and Castilian by José Vizinho. *Almanach perpetuum* was one of the first books ever printed in Portugal [fig. 7].

- '*Tratado da Sphera – Astronomici Introductorii de Spaera Epitome*', Pedro Nunes. Pedro Nunes (1502-1578)[11] was the main cosmographer of the Kingdom, a competent scientist (and technician), a very



7.



8.

7.
Front page and table with solar declinations. In Zacuto1496, ff. 0v and 21r (Source Portuguese National Library/ BNP).

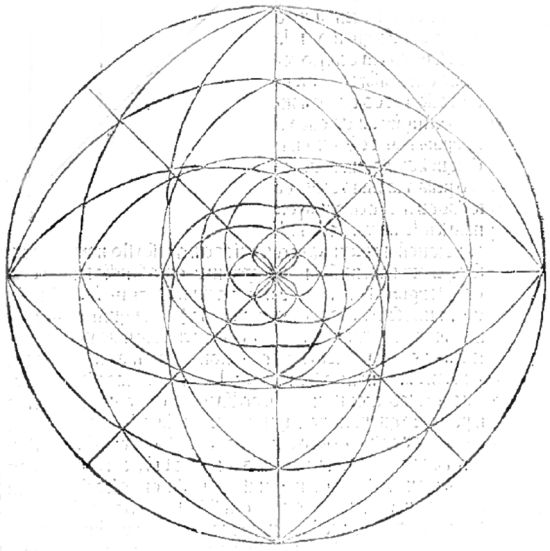
8.
Pedro Nunes' instruments (from left to the right): Shadows Instrument (Oliveira 1606, 62), Nautical ring (Oliveira 1606, 84), Nonio (Nunes 1542, 20) (Source Portuguese National Library/ BNP).

well-prepared mathematician and professor, whose works would gain notorious appreciation all over Europe. With unquestionable interests in nautical issues, Pedro Nunes solved them by means of rigorous and theoretical mathematics and developed his fruitful career within the protected environment of the Portuguese Royal Court. Pedro Nunes was also the inventor of three widely renowned instruments: Shadows Instrument, Nautical Ring and Nonio [fig. 8]. Pedro Nunes' first work, published in 1537, contains three parts (Nunes 1537): a vernacular translation of Sacrobosco's *Tratactus De Sphaera*, and Nunes' own booklets on *Tratado sobre certas dúvidas da navegação* (15 pages) including the problem posed by Martim Afonso Sousa about the 'rhumb lines'[12] and *Tratado em defesa da carta de marear, com o regimento da altura*; where, in particular, Nunes reports on rules, tables and nautical instruments, etc.. and analyses and solves, for the first time ever, the difficult problem of the maritime navigation with constant rhumb (the 'loxodromic curve') (Queiró 2002) [fig. 9].

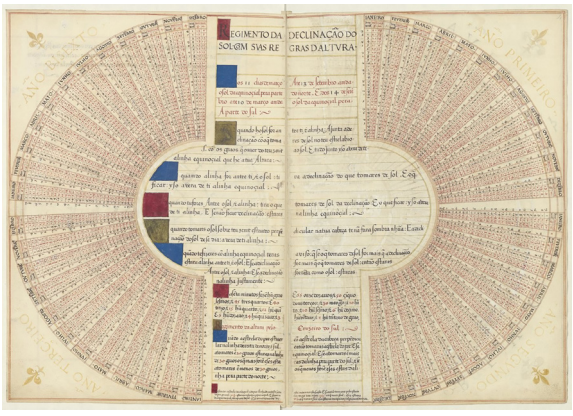
- '*De Crepusculis*', Pedro Nunes. *De Crepusculis*, printed in 1542, is, for many of his commentators, Nunes' most important work and the reason for undertaking the problem of studying twilights was, as Nunes himself explained, to answer Cardinal D. Henrique's 'curiosity' (Nunes 1542). The problem was rigorously solved by Nunes, using only two trigonometric functions: the rectus and the versus sines and determining not only the date but also de length of minimal twilights, in any part of the globe[13]. This is a notorious scientific achievement, praised by many fellow mathematicians and/or astronomers, such as Tycho Brahe or Christopher Clavius.

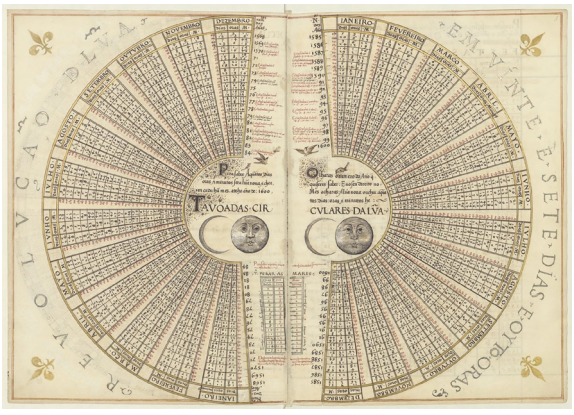
- '*Cosmographia*', Bartolomeu Velho. Portuguese cosmographers of the fifteenth and sixteenth centuries were highly demanded by foreign European Courts[14]. In the sixteenth century, the cosmographer and mathematician Bartolomeu Velho, was one of the Portuguese specialists hired by Charles I, King of France (Matos 1952). His work, *Cosmographia*[15], is a wonderfully illustrated scientific manuscript, whose long title exhibits a clear summary of its content [figg. 10-11]. Within the document one also finds a letter, from Bartolomeu Velho to the French King, requiring forty-nine instruments; among those, there are five related to sundials (Crato 2006).

- '*Os Lusíadas*', Luís Vaz de Camões. Camões epic poem, published in 1572, aims at immortalizing Portuguese heroes, who dealt with difficult conditions, at sea, but



9.





10-11.

9.
Pedro Nunes' Rosette. In Nunes 1537, f. 66 (Source Portuguese National Library/ BNP).

10.
Regimento da declinação do sol com suas regras de alturas [Regiment of sun declination with its rules of heights]. In Velho 1568, ff 3v-4r (Source gallica.bnf.fr / BnF).

11.
Tabuas Circulares da Lua [Round Tables of the Moon]. In Velho 1568, ff. 4v – 5r (Source gallica.bnf.fr / BnF).

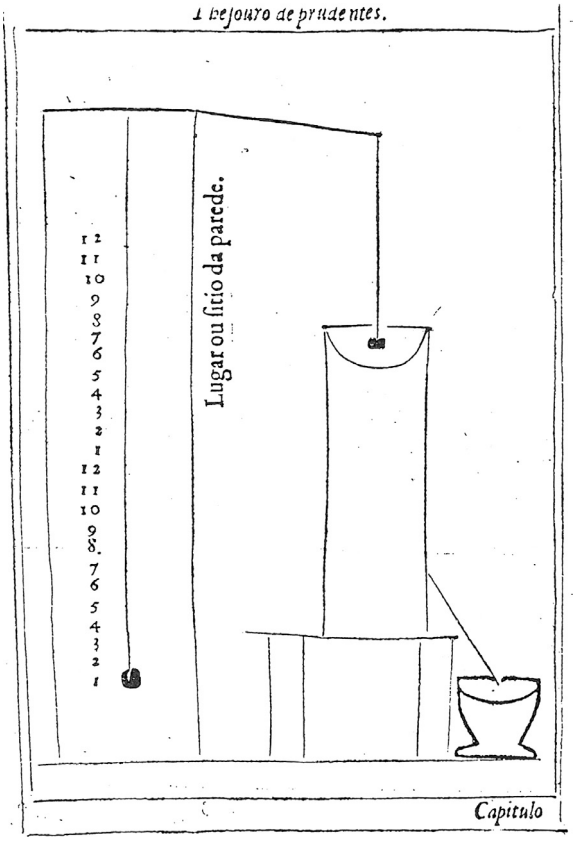
reached overseas distant places [fig. 12]. Camões, himself, had travelled around Africa and seems to have been, as well, a curious 'scientist' (Pereira da Silva 1915) who took detailed notes of astronomical events[16].

- '*Thesouro de Prudentes*', Gaspar Cardoso de Sequeira. *Thesouro de Prudentes*[17] stands as an arithmetic vernacular book, at a time when the Indo Arabic system of numeration was proving to be a much-needed instrument for Portuguese traders, but it was also designed to reach a much wider audience. The title, *Thesouro de Prudentes* [Prudents' Treasure], seems elucidative and contents range from ecclesiastical computation, agriculture, medicine, surgery and pharmacopoeia, to arithmetic, currency exchange, geometry and card tricks, astronomy/astrology and gnomonic. More than a compendium of popular knowledge and curiosities, but not yet a sort of scientific encyclopaedia.

Because of its relevance to the sundial studies, our attention focus on Sequeira's chapter IV where the

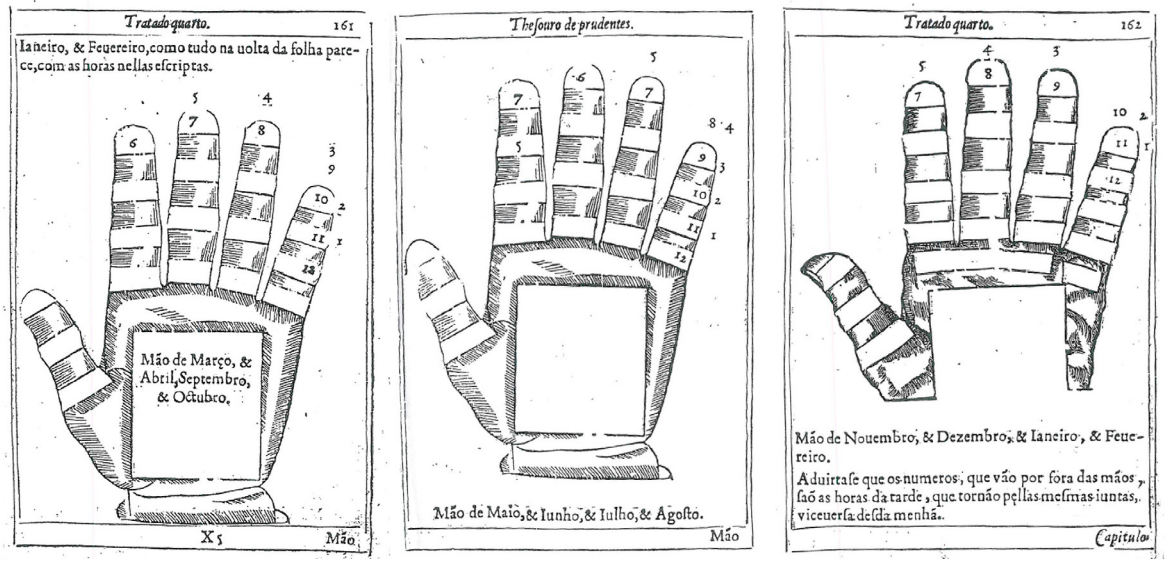
12.

12.
The arrival of Vasco da Gama in Calicut in 1498 by Roque Gameiro (c.1900) (Source Portuguese National Library/ BNP).



13.

13.
Relógio que sirva em Casa, de noite e de dia, com Sol e sem Sol [Sundial that works at home, day and night, with or without sun]. In Sequeira 1612, f.167v (Source Portuguese National Library/ BNP).



14.

14.
Do Relógio de Sol, pelas juntas das mãos [From the Sundial, through the knuckles of the hands]. In Sequeira 1612, ff.161r, 161v, 162r (Source Portuguese National Library/ BNP).

text on gnomonic starts by an illustrated method to determine hours at night regarding Polar Star[18] [fig. 13], before explaining how to build and use several types of clocks[19].
There is a particular section on a sundial by hand knuckles, using one self's hands as a kind of a portable sundial, an example of Sequeira's very curious, but still scientific, approach to sundials.
In *Thesouro de Prudentes*, the hand is presented as a multipurpose tool[20]. In this case, it stands as a board where different diagrams (hour distributions) are applied for different times of the year: the first scheme for March, April, September and October; the second for May, June, July and August; the third for November, December, January and February. Without mentioning it explicitly, Sequeira is aware of different paths of the Sun through its daily apparent movement, and thereby, for greater accuracy, gives different time grids for dates around the equinoxes, dates nearer the summer solstice and dates closer to the winter solstice. In the text and in the drawings, the symmetry of the gnomon shadow for the morning and afternoon hours, related to midday, is evident. The gnomon is simply a straight stick, straw or wire, placed between the thumb and the palm of the hand, right next to the root of the finger and no other material is required.
Sparing further scientific details, Sequeira specifies the applicability of the presented schemes [fig. 14] to the latitude of the place (41 degrees, as in Coimbra, where the book was printed).
Sequeira's approach to sundials proved to be particularly suitable as a basis for a didactic experience in a university context, as we briefly describe below.

Using History in Mathematics education

Within our collective project, the authors have devised a didactic activity, developed with 2nd year students from a course on History of Mathematics within a Bachelor degree in Mathematics, at the University of Minho. The activity implied the survey and study of a wide range of sundials scattered throughout Braga's region and, at the same time, provided the opportunity for the students to meet primary bibliographic sources. The selected texts were discussed, during the semester, and students were also required to write final monographies summarizing their learning experience.
Students were divided in groups (4 elements, maximum) and each group would choose one book or manuscript, presenting their choice to the lecturer, who then would 'validate' or ask for a different one. A second bibliographic reference, this time proposed by the lecturer herself, was studied by all the students: Chapter IV, in *Thesouro de Prudentes*.
The experience, of bringing sundials to the classroom, both as artistic and scientific instruments, as well as their stories and the ones extracted from gnomonic 'old' literature, proved a success in learning mathematics. It made mathematics students aware of a historical heritage that must be cherished and preserved: the motivation of the students to learn gnomonic, the stimulation of their critical thinking and reasoning in themes of evident contemporary interest such as 'Time', the introduction to research activities to modelling or to problem solving, the quest for 'old' documentation in archives, whose cataloguing may simply not exist or was not made by mathematicians and lacks, therefore, clear indications for these students, as researchers, to find interesting documentation.

Conclusion

Both the exhibition and the didactical experience with university students, fomented research on Portuguese gnomonic and allow us to speculate upon achieved outputs as well as foreshadow, under a culturally comprehensive vision and action, future developments of the collective project.
The opening session for the exhibition, in particular, proved accomplishment beyond expectations, since the audience was keen on further scientific and historic information, on rules for possible exhibition loan requests, and on news about more activities within the collective project.
The study of Portuguese gnomonic opened further research lines, whether on time measure, or through the subjects which found out a greater resonance in the national scientific practice concerning the art of navigating and cartography.
By bringing the sundial subject into the classroom, the university students could overcome traditional difficulties towards history of mathematics. Now a new challenge arose within a pre-university teaching context: a didactical experience will soon be launched, with local schools, to debate and to produce practical time measurement tools. An opportunity to look, once again, into the surrounding cosmos sharing with youngsters how humans measured time before mechanical clocks and digital devices.
Yet, if the relevance of the carried-out activities seemed promising to the authors, the results are so far demonstrating the importance of a sundial project, giving sense not only to carry on with the proposed objectives but to expand them.

Notes

1. The devised activities relied upon the scientific consultancy of Armando Malheiro (Faculty of Humanities, University of Porto); Fernando Correia de Oliveira (Independent Researcher in Time and Watchmaking); Hernâni Gerós (School of Sciences, University of Minho); João Vieira (Planetary and House of Science, Braga); Miguel Sopas Bandeira (Institute of Social Sciences, University of Min-

ho); Nuno Crato (Higher Institute of Economics and Management, University of Lisbon) and Suzana Nápoles (Faculty of Sciences, University of Lisbon). RS could also count on precious collaboration of Dr. Duarte Chaves, Father Paulo Terroso, General Silvino Curado and Professor Ana Pereira do Vale.

2. In addition to the University Organic Units as well as their respective R&D subunits (CMat - Mathematics Centre of the University of Minho and Lab2PT - Laboratory of Landscapes, Heritage and Territory), namely in Minho, the project has also relied on the support of Braga City Council, Braga Planetarium and Science House, Biscainhos Museum, the North Regional Agency of Culture and on the Houses of Knowledge Network.
3. The authors could count on institutional financial support and/or collaboration from the Biscainhos Museum, the North Regional Agency of Culture, the Municipality of Braga, the Houses of Knowledge Network and the Braga Planetarium and House of Science.
4. Prof. João Fernandes (Director of the Geophysical and Astronomical Observatory of the University of Coimbra) presented the communication "*Sun, what time do you give us?*" and Colonel Borges da Fonseca (president of the Military History Commission), presented the communication "*General Pereira do Vale. From mathematics to history, from artillery to engineering and...to sundials*".
5. Prof. Gaspar Machado, a mathematician also interested in theatre, run a 'literary' session, planned as a surprise to the audience. The audience's reaction could not have been better and the authors are grateful to Gaspar for the prompt acceptance of our challenge to him.
6. The ongoing project has already identified more than 150 sundials, in the northern part of Portugal, dating from the second century B. C. to the mid nineteenth century.
7. For instance: the sundial of Casa da Torre (c. 1753), at present a Jesuit property in the outskirts of Braga, states: *Sow, plant and care. You will live with joy*. Or yet, the Sobreposta sundial (1854), located, nowadays, in the village fountain close to the parish churchyard, refers: *The clock marks the hours / You count the hours / God keeps the hours / Time passes and eternity comes*.
8. General Pereira do Vale's biography has been investigated by Colonel Borges da Fonseca the General's scientific outcomes is currently under analysis by Prof. Ana Pereira do Vale (School of Sciences, University of Minho), granddaughter of General Pereira do Vale, who kindly granted us the required access to this superb private archive. The General's collection includes drawing instruments, drawings, calculations and notepads to support the sundials design, as well as an extensive private correspondence and Gnomonic treatises, azimuthal and logarithmic tables, almanacs of astronomical data and ephemerids, and catalogues of sidereal currencies. A set of data that states his author's cognitive and practical dimension, materialized in the installation of sundials, scattered throughout Portugal, such as the iconic (equal) sundials installed, in the mid-twentieth century, at the Monte-Real military air base and at the Fort of São Julião da Barra and whose particularity resides in the possibility to simultaneity observe the solar hour at various locations of the former Portuguese overseas colonies.
9. Duarte I 1437–1438, f.95r. "*Por esta figura se podem saber as horas da noite, convém a saber, imaginar no céu uma cruz com estas quatro linhas, segundo que aqui se dividiu. E o meu seja em a norte, e resguarde bem esto que as pontas da cruz e das linhas escrevi. §2 E quando a primeira e mais chegada guarda chegar a cada um destes lugares, ali é meia noite segundo os tempos em ela divididos. §3 E quanto mais passar ou minguar, por ali julgue quanto é mais aquém ou além da meia noite. E saiba que de linha a linha há três horas, e de ponto a ponto há uma, e de quinze em quinze dias passa uma ora, e no mês duas. §4 Deves saber que há de nascer o Sol e se por a estes tempos aqui divisados, convém a saber: no mês de março nasce às seis oras e põem-se a elas; e em começo de maio nasce às cinco e põem-se às sete; §5 e no mês de junho nasce às quatro e meia e põem-se às sete e meia; e no começo de agosto nasce ás cinco e põem-se às sete; §6 e no mês de setembro nasce às seis e põem-se a elas; e em começo de novembro nasce às sete e põem-se às cinco; §7 e em meio de dezembro nasce às sete e meia e põem-se às quatro e meia; e em começo de fevereiro nasce aas sete e põem-se às cinco. §8 E pelo mesmo nos meses que aqui não declara puderes entender a que oras o Sol por todo o ano deve nascer. §9 E desde o amanhecer até o por do sol faz uma ora. E no tempo do verão faz mais vantagem e per esta guisa è desde o sol se põe até noite cerrada*".
10. Leading the maritime quests during his reign, the Portuguese King hired a group of skilled cosmographers /mathematicians, such as Masters Diogo (Ortiz), Moisés, Rodrigo and José (Vizinho), most of them with Jewish origins. The team was called *Junta dos Cosmógrafos* [Board of Cosmographers'].
11. A complete study of the life and works of the most important Portuguese mathematician of all times has been recently undertaken and its publication (8 volumes), with critical annotations, is now available. Leitão 2003.
12. Nunes 1537 "*Não há muitos dias, Senhor [D. João III] que falando com Martim Afonso de Sousa [capitão da Armada, com viagens pelo Brasil e pela Índia] sobre as navegações que fez sobre as partes do Sul, entre outras coisas me disse por quanta diligência e por quantas maneiras tomara a altura do Sol nos lugares em que se achara e verificara as rotas por que fazia seus caminhos, mas que de duas coisas se espantara muito e era: a primeira que estando o Sol na linha em todos os lugares em que se achou lhe nascia em leste e se lhe punha no mesmo dia em oeste, [...] E perguntou-me: porque razão se governarmos a leste ou oeste, vamos por um paralelo, em uma mesma altura sempre*".
13. Nunes 1542 "*... os dias começam a crescer e os crepúsculos a minguar, quando o sol tiver entrado na primeira parte de Capricórnio; antes dele percorrer toda a quarta hiemal de Zodíaco, dá-se o mínimo crepúsculo, no horizonte de Lisboa, a 25 de Fevereiro, no nosso tempo* [the 'old' Julian Calendar]*, como mostrou um cálculo muito exato; e, a partir de então, aumentam até ao trópico estival....*".
14. Well prepared technicians, who could deal with difficult routes, such as the ones linking Europe/Portugal to India or to Brazil, Portuguese citizens should have excellent compe-

tencies, appreciated by any foreign king, but the Portuguese Kings/authorities prohibited his sailors, pilots, cosmographers and cartographers, from serving for foreigners.

15. Velho 1568. "*Principio da verdadeira cosmographia e geografia universal de todas as terras que são descobertas: situadas em porções do globo com todas as suas distâncias e alturas conforme aos navegantes. E com as figuras das proporções de todos os paralelos assim terrestes como celestes. E muitos instrumentos necessários para a navegação com as suas demonstrações e declarações, feito por Bartolomeu Velho, neste ano de 1568*".

16. Camões, Canto V, 14 & 15. "*Já descoberto tínhamos diante,/ Lá no novo Hemisfério, nova estrela,/ Não vista de outra gente, que ignorante/ Alguns tempos esteve incerta dela./ Vimos a parte menos rutilante,/ E, por falta de estrelas, menos bela,/ Do Pólo fixo, onde ainda se não sabe/ Que outra terra comece, ou mar acabe Assim passando aquelas regiões/ Por onde duas vezes passa Apolo,/ Dois invernos fazendo e dois verões,/ Enquanto corre dum ao outro Pólo,/ Por calmas, por tormentas e opressões,/ Que sempre faz no mar o irado Eolo,/ Vimos as Ursas, apesar de Juno,/ Banharem-se nas águas de Netuno*".

17. First published in 1612, there are ten known editions of the book until 1712.

18. Interestingly enough D. Duarte's text, previously reported, could now be filled with this image; making it complete.

19. Sequeira 1612. Capítulo 1. *De como se conhecerá a Estrela do Norte e como, por ele se saberão as horas que são de noite. Capítulo Segundo. De como se fará Relógio material, que sirva para o Norte. Capítulo Terceiro. Do Relógio do Sol, pelas juntas da mão. Capítulo quatro. Do Relógio de Sol em Anel. Capítulo quinto. De como se fará Relógio de Sol em plano. Capítulo sexto. De como se fará Relógio de parede, ou perpendicular. Capítulo 7. De como se fará Relógio que sirva em casa de noite, de dia, com Sol e sem Sol. Capítulo 8. De como se farão os Relógios de Sol, que declinem fora do Meridiano. Capítulo 9. De como se farão Quadrantes. Capítulo 10. De como se tomará a altura do Sol. Capítulo 11. Para tomar qualquer altura.*

20. For instance, as a counter for the mnemonic of a sequence for which a given term is sought (as in the case of the rules of hands for determining the date of Easter in each year).

Bibliography

Crato N. & al. (2006). *Relógios de Sol*. Lisboa: CTT.

Da Mota T. (1960). O Nascimento da Navegação Astronómica no Atlântico, instrumento da descoberta dos oceanos. In *Infante D. Henrique*. Lisboa

Duarte I, Rei de Portugal (1437–1438). *Leal Conselheiro, Livro da enssynança de bem cavalgar toda sela* (manuscript). Available at http://archivesetmanuscrits.bnf.fr/ark:/12148/cc351

Leitão H. (2003). Para uma biografia de Pedro Nunes: o surgimento de um matemático, 1502-1542. In *Cadernos de Estudos Sefarditas*, n. 3, pp. 45-82.

Lopes Â. & al. (2006) José Vizinho: an unknown Portuguese who enabled far-away places to become known. In Furinghetti F. & al. (editors). *Proceedings of the 4th European Meeting on History and Epistemology of Mathematics*. Uppsala Universitet, 12-17 July 2004, pp. 359-367. Uppsala: HPM2004, ESU4.

Matos L. (1952). *Les Portugais en France au 16ème siècle: Études et documents*. Coimbra: Acta Universitatis Conimbrigensis.

Nunes P. (1537). *Tratado da Sphera - Astronomici Introductorii de Spaera Epitome*. Lixboa: Germão Galharde empremidor. Available at https://purl.pt/14445 and republish in (2002) *Obras Vol. I: Tratado da Sphera - Astronomici Introductorii de Spaera Epitome*. Lisboa: Academia das Ciências de Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.

Nunes P. (1542) *De Crepusculis*. Coimbra: Antonius à Marijs. Available at https://purl.pt/14449 and republish in (2002). *Obras Vol. II: De Crepusculis*. Lisboa: Academia das Ciências de Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.

Oliveira S. de (1606). *Arte de Navegar: composta por Simão d'Oliveira natural da Cidade de Lisboa. Dirigida a Dom Pedro de Castilho Bispo de Leiria, Inquisidor mòr, & Visorey em os Reynos de Portugal*. Lisboa: Pedro Crasbeeck. Available at https://purl.pt/20845

Pereira da Silva L. (1915). *A Astronomia dos Lusíadas*. Coimbra: Imprensa da Universidade.

Queiró J. (2002). Pedro Nunes e as linhas de rumo. In *Gazeta de Matemática*, n. 143, pp. 42-47.

Sequeira G. C. (1612). *Thesouro de Prudentes*. Coimbra: Impressor da Universidade.

Velho B. (1568) *Principio da verdadeira cosmographia e geografia universal de todas as terras que são descobertas: situadas em porções do globo com todas as suas distâncias e alturas conforme aos navegantes. E com as figuras das proporções de todos os paralelos assim terrestes como celestes. E muitos instrumentos necessários para a navegação com as suas demonstrações e declarações, feito por Bartolomeu Velho, neste ano de 1568*. (manuscript). Available at https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b550128121.image

Zacuto A. (1496). *Almanach perpetuum celestium motuum*. Leiria: Abraão d'Ortas. Available at https://purl.pt/22001

Eglise de Martinvast (photo S. Tessier).

Représentation du passage de 1066 de la comète de Halley sur un modillon bas-normand

Abstract

Une étude systématique des ceintures des modillons des églises normandes en a rassemblé 5.000 sur 213 églises. Elle pose l'hypothèse que leurs iconographies constituent un outil politique de l'Église captant les imaginaires des populations pendant le processus d'encellulement. Martinvast abrite une figure unique dans la région pouvant évoquer des astres et pourrait être l'illustration du passage de la comète de Halley en 1066. Cette hypothèse est discutée avec d'autres apparitions de comètes contemporaines. L'article replace cette sculpture dans la logique générale des ceintures de modillons.

A systematic study of the corbel belts of Norman churches brought together 5,000 from 213 churches. It poses the hypothesis that their iconographies constitute a political tool of the Church capturing the imaginations of the populations during the process of encellulation. Martinvast has a unique figure in the region that can evoke stars and could be an illustration of the passage of Halley's comet in 1066. This hypothesis is discussed with other appearances of contemporary comets. The article places this sculpture within the general logic of corbel belts.

Parole chiave

Art roman
Astronomie
Comète de Halley
Normandie
Modillon

Stéphane Franck Tessier
→ sftessier@free.fr

Introduction

Les modillons romans ceinturant la plupart des églises romanes (du XI[ème] au XIII[ème] siècle), encore nombreuses en Basse Normandie, ont fait l'objet de peu d'études. Or, ils représentent un aspect important de l'interaction entre le monument ecclésial et les populations rurales que l'Église entendait rassembler. Un inventaire exhaustif des 5.079 modillons romans présents sur 213 églises de la région a permis de dégager plusieurs hypothèses sur l'existence de ces ceintures, leur composition iconographique et leurs objectifs politiques (Tessier 2023).Le processus d'encellulement (Fossier 2010) de l'époque reposait sur la polarisation de l'espace autour d'un monument central, lequel devait refléter, au moins en partie, l'imaginaire quotidien des habitants. Il leur renvoyait une image à la fois captée et réinterprétée (pétrie), puis figée (pétrifiée) dans la "pierre vivante" et structurant une sacralité partagée. Entre le toit qui protège et le mur qui soutient, entre les défunts du cimetière et les vivants, entre le dehors et le dedans, la ceinture de modillons vue de l'extérieur construisait aussi une identité spécifique du village, parfaitement reconnaissable.

Notre hypothèse est ainsi que l'église-monument, tout en exerçant une protection tant concrète, puisque les villageois y rassemblaient leurs effets personnels en cas de menace de pillage, que spirituelle, permettait en même temps d'afficher la singularité des habitants. Ces églises bas-normandes sont situées de façon privilégiée dans les bassins fluviaux, à l'époque non poldérisés, et subissaient quotidiennement les entrées maritimes et les influences extérieures.

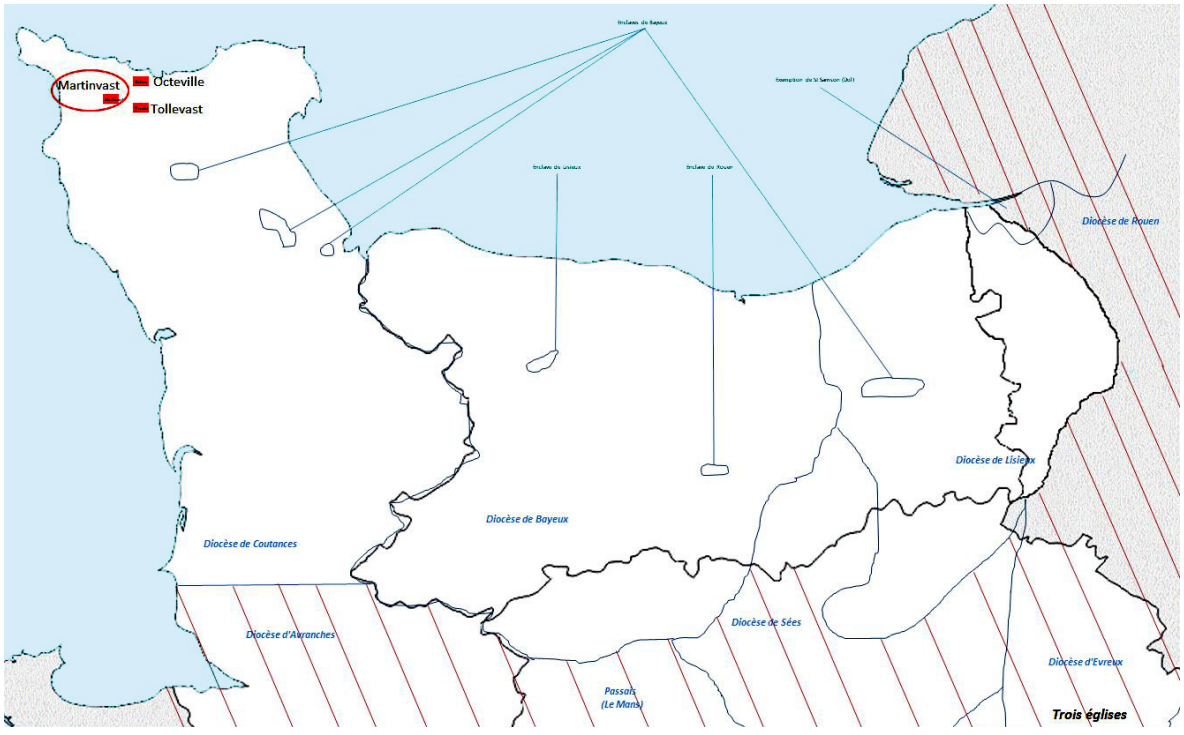
Or l'organisation de ces modillons n'est pas sans rappeler les navires d'alors dont les plats-bords étaient recouverts et protégés par chacun des boucliers des soldats, reproduisant dans une composition singulière et facilement identifiable une protection collective par la jonction d'identités individuelles. Perçus de l'intérieur de l'édifice, les mêmes modillons jouaient le rôle symbolique d'expulsion des menaces et des démons en soudant ces mêmes individualités dans l'identité collective, permettant ainsi l'implantation sans coup férir de la spiritualité chrétienne.

Pour autant, l'Église et les commanditaires laïcs des monuments ne se privaient pas d'ajouter de-ci de-là leurs propres messages au travers de modillons moins explicites pour des yeux non-initiés (Guesuraga 2001).

Les localités

L'ensemble de la région étudiée couvre l'entièreté de trois diocèses (d'ouest en est Coutances, Bayeux et Lisieux) et la partie nord du diocèse de Sées. Les modillons se concentrent sur les églises à l'est du Cotentin et sur le littoral du Calvados; celles des parties méridionales de ces diocèses en sont rarement dotées, voire jamais.

Dans cette zone, limitée sur la carte [fig. 1] par les parties hachurées, la recherche a consisté à visiter toutes les églises et, lorsqu'ils existaient, photographier tous les modillons, les trier entre romans et postérieurs au XIV[ème] siècle, excluant ces derniers. L'inventaire systématique a ensuite été mis en statistiques et cartographié, permettant de localiser rapidement chaque thème et motif.



1.

1.
Carte de la région étudiée et des trois églises concernées (élaboration de l'auteur).

Le modillon de la comète

Parmi tous les modillons étudiés, une figure unique et très étonnante a été identifiée sur la nef nord de l'église de Martinvast dont les interprétations locales ou érudites varient entre des "roues solaires" ou une "ornementation" (du Moncel 1843) [fig. 2].
L'église de Martinvast se situe au nord de la péninsule du Cotentin et est très proche de Tollevast et Octeville dont elle partage l'histoire et l'environnement, l'ensemble étant à proximité de Cherbourg. Installés sur le promontoire rocheux dominant la baie, ces villages étaient très isolés du reste du continent par des zones marécageuses. Pour voyager, les habitants devaient à l'époque traverser à marée basse la baie des Veys, à l'est, ou naviguer.
Le domaine de Martinvast appartient au patrimoine ducal dès le début du X^{ème} siècle, et son église aurait été construite à la fin du XI^{ème} siècle (Montier 1899). Disposant d'une motte féodale, le fief fait partie de l'honneur des de La Haye (venant de La-Haye-du-Puits qui fondèrent l'abbaye de Lessay en 1056) depuis le début du XI^{ème} siècle jusqu'à la moitié du XII^{ème} siècle. Il fut ensuite rattaché par mariage à l'honneur du Hommet (Delacampagne 1982) et ne fut donné semble-t-il que bien plus tard, au XIII^{ème} siècle, aux chanoines de l'abbaye Notre-Dame du Vœu à Cherbourg. On retrouve la trace des donations à cette même abbaye des paroisses de Tollevast et Octeville dès 1160, où, contrairement à Martinvast, il ne semble pas y avoir eu de motte féodale (Delacampagne 1982) mais le rattachement de leurs fiefs n'est pas documenté. Les sculptures des églises de Martinvast et Tollevast seraient dues à un même atelier itinérant (Baylé 1997, p. 109), dont on peut sans doute rapprocher celles d'Octeville. On retrouve sur ces deux églises des modillons sculptés d'étoiles, plus ou moins érodés [fig. 3].

Images d'astres

En comparant le graphisme du modillon de Martinvast avec ceux détaillés par Élise Haddad [fig. 4], les roues à rayons semblent bien représenter des étoiles ou des planètes. L'hypothèse que nous proposons est que l'axe et son renflement distal situés au milieu de ce modillon pourraient être la figuration d'une comète au sein de son environnement planétaire et astral.

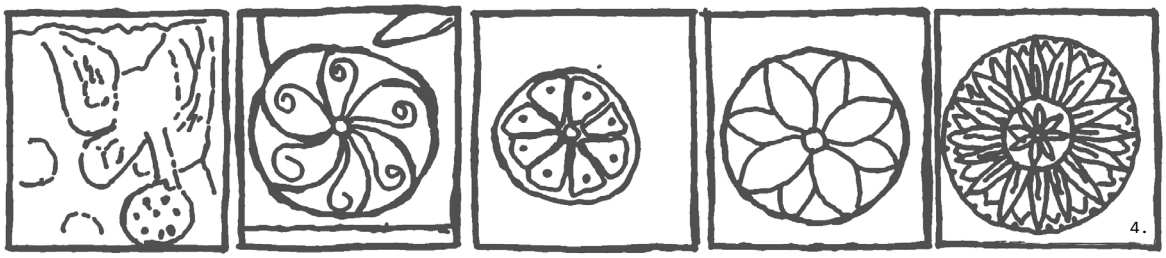
Les comètes

La distinction entre étoile filante et comète avec noyau et panache repose sur la durée et l'ampleur spatiale de l'observation. Une comète se voit de toute la planète pendant plusieurs jours, voire semaines, contrairement aux étoiles filantes, aussi impressionnantes peuvent-elles être. Pour autant, les textes de l'époque confondent souvent les deux phénomènes, distinguables uniquement lorsque les durées de visibilité sont précisées.

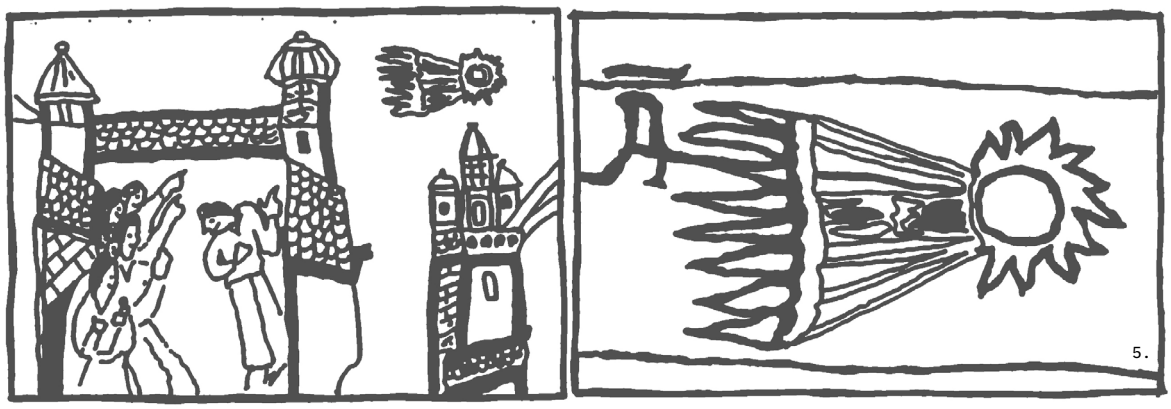
2.
Modillon de Martinvast et sa représentation en 1843 (photo S. Tessier).

3.
Modillons d'étoiles des églises de Tollevast (gauche) et Octeville (droite) (photo S. Tessier).

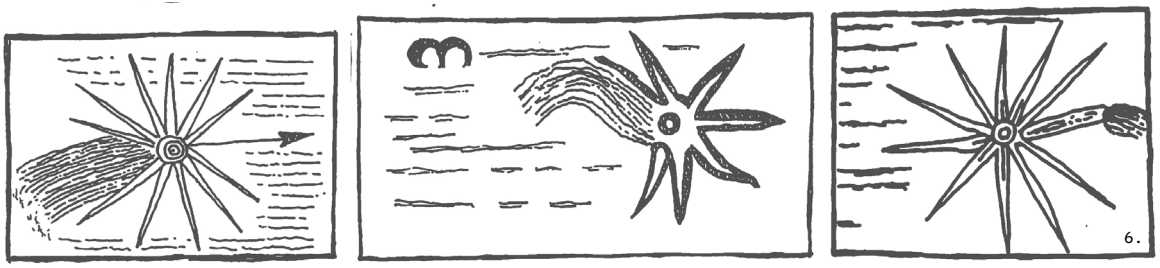
L'apparition éclatante en Normandie d'une comète en avril 1066 [fig. 5] qui fut visible sur toute la planète, a été identifiée ultérieurement comme étant celui de la comète de Halley dont l'orbite la fait revenir près du soleil tous les 68 à 79 ans (Meeus 1985).
En dehors de cette comète de Halley, régulière comme un métronome, les passages de plusieurs phénomènes du type étoile filante ou comète ont laissé des traces dans les annales tant anglo-normandes que chinoises, coréennes ou japonaises. Entre 900 et 1300, on relève ainsi la trace écrite de plus de 20 phénomènes identifiés par leurs contemporains (Sigebert 1511, Curschmann 1900, Javaux 2023). Pour autant, leurs représentations graphiques sont peu nombreuses [fig. 6].
Ces astres sont toujours figurés avec un noyau plus gros que leur panache. Ils sont la plupart du temps figurés étincelants, parfois entourés de petites étoiles. La représentation d'une comète en 1145 [fig. 7], identifiée aujourd'hui comme la comète de Halley, montre un noyau rond et non étincelant, plus proche de la figuration des astres de Martinvast et sans doute de ceux de Tollevast [fig. 3], malgré la forte érosion de ce dernier. Enfin, seule trace sculptée actuellement identifiable, l'arc du *protiro* de la Cathédrale de Plaisance montre une personnification de comète logée entre le soleil et un ange soufflant dans une trompe, interprétation surtout soutenue à droite par une inscription "*STELLA COMETA*" (à gauche seule figure l'inscription "*STELLA*") et par son voisinage avec les signes du zodiaque [fig. 8].
Les représentations plus récentes de comètes[1] suivent toutes le modèle d'un noyau étincelant et sont généralement mises en scène en association avec des catastrophes.



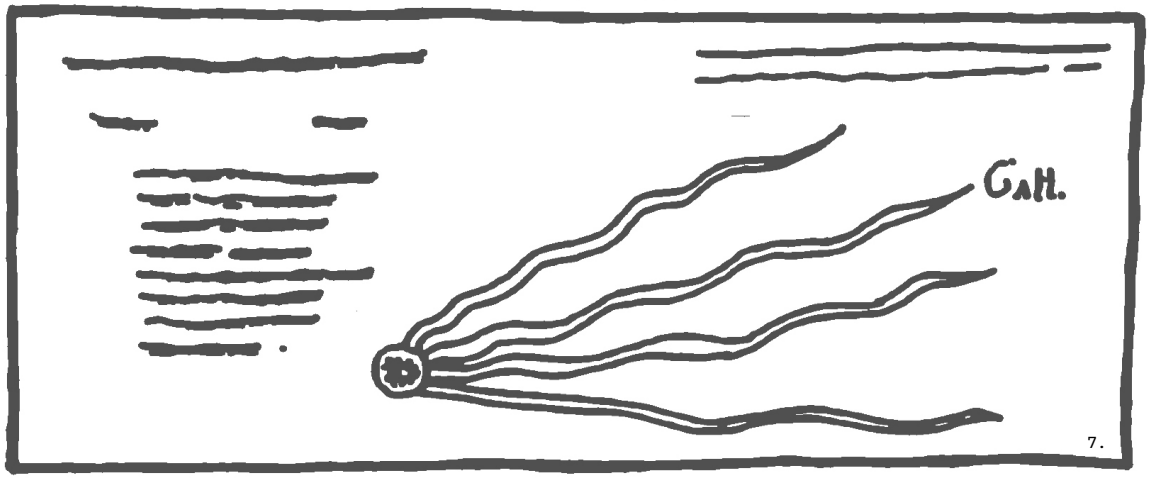
4.



5.



6.



7.

8.

4. Représentations d'étoiles dans la littérature médiévale (Haddad 2019). De gauche à droite: *Tympanum de Comminges*, *Beatus de Manchester*, *Beatus de Silos*, *Beatus de Vitrina*, *Beatus de Morgan* (traitement graphique de S. Costantini).

5. Comète de la broderie de Bayeux (traitement graphique de S. Costantini).

6. Représentations de comètes dans le *Tegrimi Computus* de Grégoire de Tours (1018-1032) *De cursu stellarum ratio* (Index of medieval art, Princeton University) (traitement graphique de S. Costantini).

7. Passage de la Comète de Halley en 1145 représentée dans le Psautier d'Eadwine (Cambridge Trinity College Library, MS 17.1, fol 10r) (traitement graphique de S. Costantini).

8. *Protiro* de la Cathédrale de Piacenza (images.romanes.free.fr).

Les comètes potentielles

La première hypothèse d'interprétation du modillon fait référence au passage de la comète de Halley d'avril à mai 1066. Son apparition, contemporaine de la Conquête de l'Angleterre par Guillaume, a joué un rôle symbolique majeur dans la région, en conférant une légitimité divine à l'entreprise.[2] Sa présence sur la broderie de Bayeux et la légende "*ISTI MIRANT STELLÃ*" [fig. 5] démontrent l'importance de son instrumentalisation politique.

Les calculs astronomiques effectués lors du dernier passage de la comète de Halley (Meeus 1985), montrent que son passage de 1066 fut un des plus proches de la Terre jamais observés (0,10 Unité astronomique, soit 15 millions de km) ce qui la rendait particulièrement éclatante, probablement perceptible en plein jour, et "*éclairant la nuit comme en plein jour lors de la Litania Maior* (25 avril)" (Thorpe 1861, p. 165).

Mais on peut aussi convoquer le passage du 10 au 30 juin 1106 (Chibnall 1978, p. 69) de la comète identifiée comme X/1106 C1 qui, comme sa dénomination astronomique le décrit ("X") n'a jamais reparu. En effet, elle fait suite à une très importante comète, décrite en Grèce en 467 avant notre ère, qui s'est fragmentée en plusieurs morceaux (Sekanina & Chodas 2012). Ses reliquats ont constitué les comètes du groupe appelé "*sungrazers*" (" brouteuses de soleil " du fait de leur passage à très grande proximité du soleil) par Kreutz (*ibid.*). C'est un de ces éléments qui a aussi été vu en 1106 en Chine (Williams 1871) et dont la propre fragmentation spectaculaire y a été décrite. Le Chronicon de Sigebert, du moins dans sa version disponible, mentionne cette apparition de 1106 et évoque son éclatement: "*Quarto nonas Februari stella per die visa est i coelo ab hora tertia vs ad hora nona: quasi cubito distans a sole. […] Pridie idu Februarij apud Barù Italiae stellae vise sunt in coelo p dié: nùc qsi iter se cocurrétes/ nùuc quasi in terra cadetes. Todo penemente Februario cometes apparuit*".[3]

Historiquement, cette apparition est contemporaine de la deuxième campagne de reconquête du Cotentin que le roi Henri 1er, dit Beauclerc, petit-fils de Guillaume le Conquérant entame en débarquant à Barfleur, à proximité de Martinvast, en juillet 1106, soit quelques semaines après l'apparition de la comète. Cette campagne fut victorieuse et permit à Henri 1er de rétablir son pouvoir sur la Normandie (Chibnall 1978, p. 69 et s.).

Enfin, en juin 1110, une troisième comète est décrite par Sigebert qui la met en relation avec l'expédition italienne des Normands (Sigebert 1511, ano 1110) et par Ordéric Vital, lequel relie son apparition avec la mort du Comte du Maine et une "*terrible famine*" pendant les trois années qui suivirent (Chibnall 1978, p. 173).

Cependant le modillon de Martinvast met en scène une configuration astrale très spécifique qui permet sans doute d'opérer une distinction.

La comète de 1066 et son environnement

Sa trajectoire lui a fait traverser les constellations des Poissons, du Bélier, du Taureau, des Gémeaux, du Cancer et du Sextant. Parmi ces constellations, celles du Taureau et des Gémeaux rassemblent des étoiles de magnitude suffisante pour marquer l'œil dans une certaine configuration, mais au moment (avril-juin) du passage de la comète à l'ouest, seule celles des Gémeaux pouvaient être visibles. En effet, le soleil étant dans la constellation du Taureau, si la comète était éventuellement visible en plein jour, son entourage astral ne l'était pas.

Surtout, en 1066, l'organisation contemporaine des planètes offrait une forme exceptionnelle d'alignement qui pourrait être compatible avec les cinq astres figurés sur le modillon. La [fig. 9] montre une recomposition de ce que pouvait être le paysage rassemblant la comète et les planètes voisines, vue vers le sud-ouest.[4]

Il est difficile d'estimer la dimension angulaire du panache de la comète à cette époque. Certains documents chinois et grecs l'évaluent à un disque lunaire (Williams 1871, p. 58), un autre document chinois le décrit le 26 avril 1066 comme étant une "*coulée de farine longue de 15 cubits* (degrés)" (Tsu 1934, p. 198). La longueur de la queue de la comète évolue de fait en fonction de la distance au soleil, donc de la période d'observation. L'équivalence avec l'illustration du modillon requiert une inversion verticale de ce dernier. En effet, par définition, le panache de la comète réelle est orienté en opposition au soleil donc se situe la nuit vers le haut, la tête de la comète étant vers le bas. De telles inversions ne sont pas rares tant les remaniements des modillons furent multiples depuis près d'un millénaire. Mais aussi les connaissances des maçons qui les posèrent n'étaient peut-être pas en phase avec les instructions astronomiques données aux sculpteurs par les commanditaires. Dans cette configuration inversée, plusieurs hypothèses concernant l'entourage de la comète de Halley se présentent [fig. 9]. La première ne concerne que les planètes et occulte l'ambiguïté sur le modillon de la forme de l'astre du coin inférieur gauche. La deuxième hypothèse (flèches orange) prend en compte cette ambiguïté en proposant d'associer cet astre à Régulus, étoile majeure de la constellation du Lion dont on sait la connotation royale (Musset 1975). L'ensemble serait encore plus compact et Saturne serait ainsi représenté en haut à gauche.

La description chinoise très détaillée de la trajectoire de la comète (Tsu 1934, p. 198) s'attache uniquement aux constellations et étoiles croisées et ne mentionne pas les planètes. De même, les textes anglais décrivant le passage de 1066 (Thorpe 1861, p. 165; Greenspon et al. 2006) ne parlent pas de l'entourage planétaire ni astral, qui est aussi absent de la broderie de Bayeux. C'est très généralement le cas des descriptions des passages des comètes, sans doute du fait de la varia-

bilité des trajectoires planétaires qui les disqualifient pour assurer un bon repérage dans le ciel.
Une seule allusion, mais très tardive et peut-être apocryphe, peut sembler évoquer ce contexte: "*Les astrologues par les maximes de leur art, & situation de la Comette, predirent lors la mutation d'vn Royaume, batailles sanglantes & grandes miseres, & par* ses deux queuës *l'assemblage de Normandie & d'Angleterre sous mesme sceptre.*"[5] (du Moulin 1631, p. 172). Reprenant deux vers supposés de la Chronique de Sigebert: "*Anno mileno sexageno quoque seno/Anglorum metae crinem sensere Cometae*",[6] le même du Moulin écrit que "*sa chevelure enflammée tournait ses rays vers eux* (les anglais)". On ne retrouve pas cette notion dans la version du Chronicon de Sigebert de 1511 qui se limite à: "*Cometes apparuit in tota paschali ebdomada*"[7] avant de narrer la conquête de 1066.

La comète de 1106 et son environnement

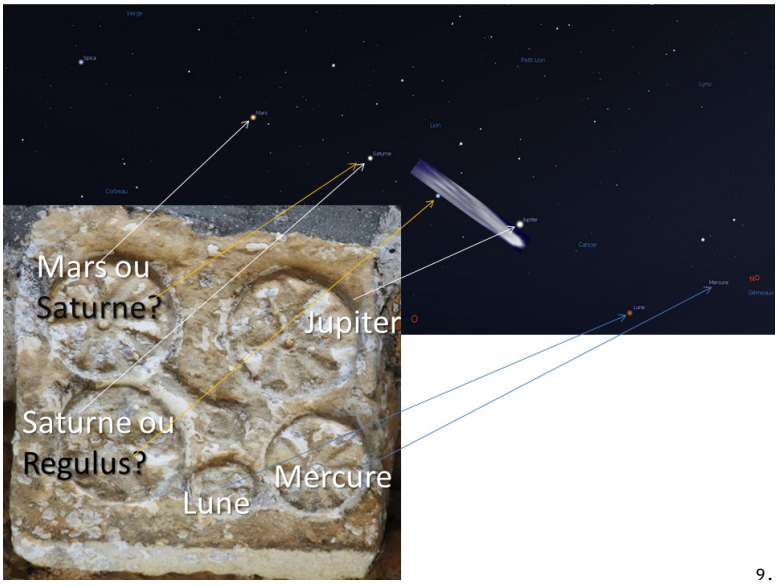
Cette comète ayant disparu, aucun calcul rétrospectif de sa trajectoire n'est possible. Selon les observateurs chinois, les plus précis dans leurs descriptions (Williams 1871), le passage de la comète X/1106 C1 de février à mars 1106 aurait traversé la constellation des Poissons, de la Baleine, des Gémeaux, jusqu'à celle du Taureau. Les observateurs lui attribuent un panache de 100 degrés (Kronk 1999). Comme on le voit sur la [fig. 10], le voisinage astral et planétaire était beaucoup moins spectaculaire, puisque seule la lune naissante croisa fugacement la comète. Uranus est à proximité mais de trop faible magnitude pour être perçue à l'œil nu.
A la date retenue qui correspond à la moitié de la trajectoire de la comète, son panache traversant Orion passe entre Bételgeuse et Aldébaran, au nord, Sirius et Rigel au sud. Mais d'une part, cette dernière se trouve très disproportionnée et on ne voit pas quel pourrait être l'autre astre qui, sur le modillon, fait face au noyau de la comète.

La comète de 1110 et son environnement

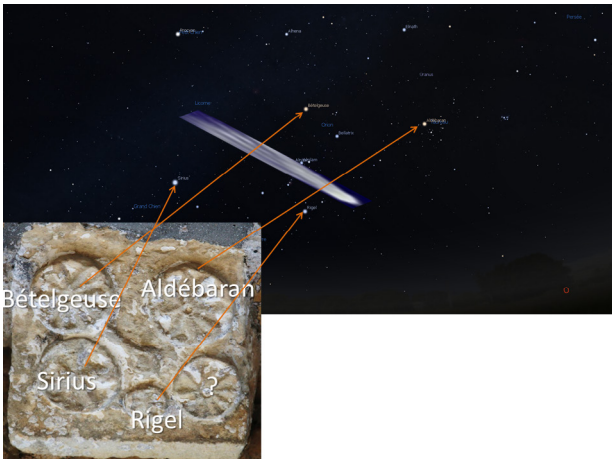
Enfin, la comète de 1110, contrairement aux auteurs normands qui lui donnent une durée de 20 jours en juin, est décrite en Chine comme n'ayant duré que la nuit du 29 mai (Williams 1871, p. 60), nous privant ainsi des repères de constellation que seuls ces auteurs avaient pris soin de noter. Aucune trajectoire ne peut donc être établie. Les calculs montrent que, cette semaine-là, seuls Mars, Jupiter et, durant quelques jours, la lune étaient alignés à l'aube, du nord à l'est ; Saturne était visible mais loin au sud. Même si la comète s'était approchée de cette configuration, cette dernière était sans commune mesure avec celle de 1066.

Tentative d'interprétation du modillon

Après plusieurs essais, l'hypothèse qui semble la plus plausible est celle présentée en [fig. 9]. La mise en relation avec le paysage astral contemporain du passage de la comète de Halley aux alentours du 29 mai 1066 semble concorder. Ainsi à l'alignement de Jupiter, Saturne (ou Régulus) et Mars (ou Saturne) s'ajoute l'apparition de Mercure et du tout premier croissant de lune dans le paysage. L'absence du Soleil s'explique par la nécessaire vision nocturne de la configuration de planètes, et celle de Vénus par son positionnement à cette époque du côté est, donc visible à l'aube et en opposition à la comète.
La représentation d'un alignement par un regroupement peut être due aux seules contraintes du support, l'idée étant d'illustrer une grande proximité exceptionnelle de tous ces astres, concomitante avec le passage de la comète, les proportions étant de toute façon généralement aléatoires sur de tels supports.
Un doute subsiste cependant sur le cercle du bas à gauche (Saturne ou Régulus) dont le contenu n'est pas véritablement radié mais est constitué d'une sorte de croix plus ou moins déformée. Manifestement il s'agit d'un acte délibéré et non d'une contrainte physique, le cercle du bas à droite (Mercure) étant plus petit



9.



10.

9.
Hypothèse de lien entre le modillon et la configuration astrale vue de Cherbourg le 29 mai 1066 (Logiciel Stellarium® & photo S. Tessier).

10.
Vue de Cherbourg du passage médian de la comète X/1106 C1 le 23 février 1106 (Logiciel Stellarium®).

mais correctement radié. Ce constat amène à proposer quelques hypothèses complémentaires mettant cette fois en relation un objet peut-être liturgique, en l'occurrence une hostie, avec le même événement spectaculaire. Peut-être une combinaison reprenant une partie du symbole astronomique de la planète Saturne, avec le *signum* de Guillaume:[8] une croix pattée retrouvée sur plusieurs documents.

Environnement du modillon: les ceintures

L'organisation des modillons tout autour des églises n'est pas anecdotique et nous avons constaté localement (Tessier 2023) leur absence systématique des façades occidentales qui correspondent toujours à une des entrées de l'édifice. Le positionnement sur la nef nord du modillon de Martinvast n'est pas nécessairement significatif car de nombreux remaniements ont eu lieu, mais il peut aussi indiquer que le spectateur de ce modillon tourne le dos au phénomène astronomique, lui donnant ainsi une image en miroir. Cela pourrait aussi expliquer plus rationnellement l'inversion verticale du modillon, au-delà d'une simple erreur de maçon. Le sculpteur montrerait ainsi au spectateur le reflet de ce qu'il se passait dans le ciel derrière lui, à sa droite.

Ces ceintures de modillons ont parfois été interprétées comme des séquences pouvant donner lieu à des narrations (Bougoux 2006). Même si nos statistiques contredisent cette hypothèse, elles ont néanmoins permis de montrer les nombreuses coexistences de certains motifs sur les édifices, traduisant ainsi que des palettes de motifs plus ou moins homogènes étaient mobilisées par les sculpteurs sans que leur ordonnancement ne suive de règle précise (Tessier 2023, p. 55 et s.). Il a donc semblé intéressant de se préoccuper de l'entourage de ce modillon précis.

Dans la région, le côté nord de la nef de l'église de Martinvast est l'espace qui porte le plus de motifs potentiellement évocateurs d'astronomie, mais il convient de rester prudent car l'état de la maçonnerie montre que de nombreux travaux ont eu lieu et auraient pu engendrer des recompositions et des rajouts potentiels. Sur la [fig.12], on voit que seulement deux modillons en relative proximité pourraient renvoyer au Zodiaque: à savoir les Poissons et les Gémeaux, constellations précisément traversées par la comète en 1066, mais leur iconographie avec respectivement trois poissons et des jumeaux semblables à des siamois seraient singulières pour ces signes.

Le modillon de Tollevast [fig. 3], malheureusement très peu lisible, se situe lui aussi au nord et côtoie à N-3[9] un modillon de deux poissons horizontaux, à N+7 deux chiens se mordant face à face (identiques à ceux de Martinvast à N+10), à N+8 une étrange chevauchée (Samson?) et N+9 un chien qui se mord la queue (identique au N+4 de Martinvast). Là encore les suites et séquences restent énigmatiques.

Pourquoi Martinvast?

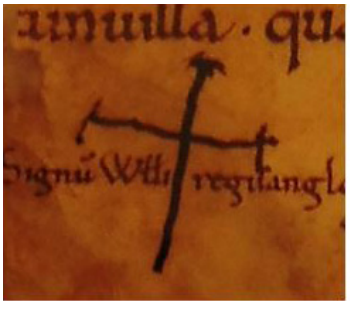
La localisation d'un tel modillon de comète sur l'église de Martinvast peut être liée à une proximité géographique d'événements en relation avec la saga de Guillaume le Conquérant.

En premier lieu, l'épopée qui fait suite à la révélation du complot ourdi contre Guillaume en 1046 provoquant son départ soudain de Valognes (15 km au sud-est) pour s'enfuir en traversant à cheval la nuit la baie de Veys à marée basse: "*Passa de nuit li guez pour Vire/A grant poor et à grant ire*".[10] Cette entreprise on ne peut plus périlleuse fut suivie par une sanglante revanche (Douglas 1964, p. 48).

Ensuite, on peut évoquer les multiples récits du soutien apporté à l'Hôtel-Dieu de Cherbourg par Guillaume le Conquérant. Si on peut douter de l'épisode où, malade en 1063, il aurait promis de fonder la première collégiale de cette ville (Lerouvillois 1841), il semble mieux documenté que Guillaume ait en 1053 pour l'Hôtel-Dieu de Cherbourg[11] "*Fist cent provendes establir/A cent povres paistre è vestir*",[12] pour éviter l'excommunication due à son mariage incestueux (Voisin La Hougue 1835, 37). L'Abbaye du Vœu qui a succédé à cette collégiale a été fondée en 1145 par sa petite-fille Mathilde.

De même peut être mise en relation la construction à Diélette (15 km à l'ouest), Barfleur (20 km à l'est, à l'époque principal port local), et dans tout le Cotentin de nombreux bateaux pour son invasion de l'Angleterre (Laporte 1967, p. 8). Plusieurs barons de l'armada sont partis de Barfleur avant de se retrouver dans l'estuaire de la Dives incluant probablement Raoul de la Haye seigneur du fief de Martinvast qui est cité par Wace (vers 13701, tome 2, p. 258) comme ayant participé à la bataille d'Hastings.

Cette réflexion est surtout étayée par la qualité reconnue d'astronome précisément d'un de ces barons: Gilbert Maminot. Chapelain et médecin de Guillaume (Chibnall 1972, p. 19), il fut envoyé par ce dernier auprès du pape pour plaider la légitimité divine de la conquête anglaise (Chibnall 1990, p. 143) qu'il obtint, en ramenant selon certains auteurs le fameux étendard (Laporte 1967, p. 6) brandi à Hastings. Entre autres fonctions de part et d'autre de la Manche, Maminot fut nommé évêque de Lisieux. Il est longuement décrit par Orderic Vital dans son *Historia Ecclesiastica* com-



11.

11. *Signum* de Guillaume et symbole de Saturne.

12.
Environnement
du modillon sur la
face nord de la nef
(photo S. Tessier).

D'ouest en est, après le pilier, jusqu'à la fin de la nef nord:

Motif | Dévoration tonneau | Motif | Renard | Motif | Visage tordu et barbu | Motif

Modillon étudié
(souligné ci-dessus)

Visage récent | Motif | Visage récent | Canidé (?) | Végétaux | Loup (?)

Motif | Grosses dents | Gémeaux | Couple de chien | Visage récent | Motif

12.

me un grand intempérant mais surtout comme ayant "*depuis longtemps […] pris pour habitude de regarder les étoiles chaque nuit*". Il ajoute qu'"*en astrologue érudit (sagax),* [Maminot] n*otait très précisément leurs trajectoires*" (Chibnall 1975, p. 9). De fait, une pluie de météorites qu'il avait observée le 4 avril 1095 lui a fait suggérer une "*migration massive de populations d'un royaume à un autre*". Walter de Cormeilles (son "gardien") mit ensuite cette pluie en relation avec la première croisade que le pape Urbain II appela le 25 novembre de la même année à Clermont (Chibnall 1975, p. 9-11).[13]

On ne peut douter que 30 ans plus tôt, la comète de Halley croisant lors de son passage un alignement exceptionnel de planètes, ait frappé un observateur aussi attentif, ce que du Moulin, peut-être de façon apocryphe, a traduit en une "*double queue*" prédisant la réunion des deux royaumes.

De son côté, si l'hypothèse de la comète X/1106 C1 peut trouver certaines confirmations historiques au travers de la saga d'Henri 1er Beauclerc, elles sont moins convaincantes. Orderic Vital et Sigebert décrivent cette apparition, mais le premier ne fait aucun lien avec les événements mobilisant ce roi (Chibnall 1978, p. 69) et Sigebert n'envisage que des aspects connexes. De plus, ni Wace (Ed. Pluquet 1827, pp. 305-407), ni *a fortiori* du Moulin qui s'en inspire, ne font mention de cette apparition. L'utilisation politique de cette apparition astrale a donc été beaucoup moins importante que celle de 1066. La spectaculaire configuration planétaire concomitante avec le passage de 1066 de la comète de Halley semble bien mieux correspondre à l'illustration qui en est donnée et, en l'absence d'autre élément historique, la représentation de la comète de Halley de 1066 au sein de son environnement planétaire sur le modillon de Martinvast apparaît donc l'hypothèse la plus plausible.

Conclusion

Cette description astronomique assez précise de la configuration particulière des astres et planètes lors du passage de la comète de 1066, ne peut exclure une pluralité de significations du symbole associé qui pourrait être celui de Saturne, le *signum* de Guillaume, une référence à Régulus et/ou une hostie, renvoyant à l'édifice lui-même, voire même au pape.

Quoiqu'il en soit, ce modillon est vraisemblablement un témoignage affiché sur l'église de la bénédiction papale de la conquête normande de l'Angleterre obtenue par Maminot, astronome "érudit" dont il confirmerait les qualités à la fois d'astrologue et de diplomate intercesseur.

Non loin de là, le modillon d'étoiles de Tollevast est trop érodé pour donner lieu à une interprétation précise, mais sa facture et les proximités historique et géographique des deux édifices peuvent permettre de supposer qu'il recelait un sens astronomique qui nous échappe. Sans doute peut-on aussi en rapprocher le modillon figurant une étoile sur l'église d'Octeville dont la forme est unique dans la région.

L'hypothèse générale soutenue par le travail en référence (Tessier 2023) est que l'organisation de ces ceintures de modillons et la constitution de leurs palettes faisaient l'objet de négociations orales entre commanditaires, pouvoir ecclésiastique, artistes et population mais dont les objectifs ne pouvaient être clairement affichés afin de préserver l'efficacité des stratégies politiques de l'Église.

L'ensemble des modillons matérialise un cercle protecteur, à l'interstice entre le peuple et les clercs, entre les défunts et les vivants, ponctué de messages plus officiels et d'emblèmes sans doute à visée politique mais dont la signification nous échappe la plupart du temps, du fait de l'absence de traces écrites. Dans ce contexte, le modillon hapax de Martinvast prend place au sein de la ceinture qui enserre l'église, comme un clin d'œil envoyé aux seuls lettrés et/ou gens d'armes initiés, parmi une palette de nombreux motifs plus populaires.

Remerciements

L'auteur remercie vivement Élise Haddad et Angélique Ferrand pour les précisions qu'elles ont pu apporter sur les représentations des étoiles et constellations et le Professeur Jean-Claude Schmitt pour tous ses conseils avisés et ses traductions.

Merci aussi à Pascal Descamps Service de calculs astronomiques et de renseignements IMCCE - Observatoire de Paris pour son estimation de la trajectoire de la comète et aux relecteurs pour leurs suggestions très constructives.

Notes

1. Voir les représentations de comètes dans les manuscrits des XIV[ème] and XV[ème] siècles: 1384 Bernard Gui Fleurs des chroniques, 1450 Jacques de Guise *Annales Historiae Illustrium*, 1470 Barthélémy l'Anglais, *De proprietatibus rerum* (Trad. J. Cochon), 1498-1503 Domenico Antonio Ferraiolo, *Cronaca della Napoli Aragonese*.
2. (Sigebert 1511; Thorpe 1861, p. 165; Chibnall 1972, p. 93; Guéret-Laferté 2011, p. 84; Wace 1827b, pp. 140,141).
3. "*Le quatre des nones de février une étoile fut vue tout le jour dans le ciel depuis l'heure de tierce jusqu'à l'heure de none, comme si elle était distante d'une coudée du soleil (...). La veille des ides de février à Bari en Italie des étoiles furent vues dans le ciel tout le jour, tantôt comme si elles traçaient leur chemin, tantôt comme si elles tombaient sur la terre. Une comète apparut durant tout le mois de février*" (Trad. J.C. Schmitt).
4. Logiciel open source Stellarium 0.22.2.
5. Souligné par nous.
6. "*En l'année mille soixante-six/l'extrémité* (du pays) *des Anglais aperçut la chevelure de la comète*" (Trad. J.C. Schmitt).
7. "*Une comète apparut toute la semaine pascale*" (Trad. J.C. Schmitt).
8. Manuscrit de l'accord de Winchester 1072.
9. Dans cette représentation, nous considérons "N" comme le modillon de référence et les décomptes négatifs sont les modillons voisins décomptés vers la gauche et positifs vers la droite.
10. "*Il passa le gué pour Vire/à grande peur et grande colère*" (Wace 1827, vers 8834-5, p.22).
11. "*A Chiéresborc et à Roem/A Baieues et à Caem*""A *Cherbourg et à Rouen/A Bayeux et à Caen*" (Wace 1827, vers 9674-5, p.60).
12. "*Fait établir cent prébendes/A cent pauvres à manger et à vêtir*" (Wace 1827, vers 9668-9, p.60).
13. Cette pluie de météorites est mentionnée par Sigebert comme ayant été vue dans de nombreux endroits (ano 1095) mais n'est signalée ni par Wace, ni surtout par les chinois confirmant son caractère très localisé. À titre de parenthèse, ces constats peuvent aussi éclairer d'un nouveau jour le texte sculpté attribuant la qualité de comète à la sculpture du *protiro* de la Cathédrale de Plaisance [fig. 8] dans la mesure où Marjorie Chibnall souligne précisément (Chibnall 1975, p. 9) qu'un concile fondateur y a été organisé en mars 1095 pendant lequel Urbain II travailla à la restauration de la paix et "*autres besoins de la Sainte Église*". Le médaillon figuré aux côtés du soleil et de signes zodiacaux, pourrait en réalité être un rappel de cette pluie de météorites, nommée "comète" suite à l'habituelle confusion entre étoiles filantes et comètes.

Bibliographie

Baylé M. (1997). Les étapes de la création. In Baylé M. (éd.). *L'architecture normande au Moyen-Âge. Actes du colloque de Cerisy-la-Salle*. 23-30 juillet 1994, tome 2. Caen: Presses Universitaires.

Bougoux C. (2006). *L'imagerie romane de l'Entre-Deux-Mers; L'iconographie raisonnée de tous les édifices romans de l'Entre-Deux-Mers*. Bordeaux: Ed. Bellus.

Chibnall M. (1972). T*he ecclesiastical history of Orderic Vitalis*, vol. 3, books 5,6. Oxford: Clarendon Press.

Chibnall M. (1973). T*he ecclesiastical history of Orderic Vitalis*, vol. 4, books 7, 8. Oxford: Clarendon Press.

Chibnall M. (1975). *The ecclesiastical history of Orderic Vitalis*, vol. 5, books 9,10. Oxford: Clarendon Press.

Chibnall M. (1978). T*he ecclesiastical history of Orderic Vitalis*, vol. 6, books 11-13. Oxford: Clarendon Press.

Chibnall M. (1990). T*he ecclesiastical history of Orderic Vitalis*, vol. 2, books 3,4. Oxford: Clarendon Press.

Curschmann F. (1900). *Hungersnöte im Mittelalter. Ein Beitrag zur deutschen Wirtschaftsgeschichte des 8. bis 13*. Leipzig: Jahrhunderts.

Delacampagne F. (1982). Seigneurs, fiefs et mottes du Cotentin (Xe-XIIe siècles). Étude historique et topographique. In *Archéologie médiévale*, tome 12, pp. 175-207. <https://www.persee.fr/doc/arcme_0153-9337_1982_num_12_1_1086> (consulté le 26 novembre 2023).

Douglas D. C. (1964). *William the Conqueror. The Norman Impact upon England*. Berkeley: University of California Press.

Fossier R. (2010). *Ces gens du Moyen Âge*. Paris: Hachette Pluriel Editions.

Greenspon J.A., Mardon A.A., Mardon E.G. (2006). Representations of Halley's Comet in april 1066 a.d. found in the Bayeux tapestry and other contemporary writ-ten accounts. In *Lunar and Planetary Science*, vol. XXXVII.<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2006LPI....37.1527G/abstract> (consulté le 10 mai 2023).

Guéret-Laferté M. (2011) (Trad. et éd.). *Aimé du Mont-Cassin: Ystoire de li Normant*. Paris: Honoré Champion.

Guesuraga R. (2001), *Le thème de la dévoration dans la sculpture romane de France et d'Espagne; Étude iconographique, enjeux politiques, aspects eschatologiques*. Thèse de doctorat en Art et archéologie, sculpture, Moyen Age, tutor M. Pastoureau. Paris: EPHE.

Haddad É. (2019). *Le bien à l'épreuve du mal. A partir du tympan de Beaulieu-sur-Dordogne: adversité apocalyptique et image analogiste*. Thèse de doctorat en Histoire et civilisations, tutor M. A. Polo de Beaulieu. Paris: EHESS.

Javaux Gilbert (2023). *Les grandes comètes du passé*. <https://pgj.pagesperso-orange.fr/gdecomete.htm> (consulté le 26 novembre 2023).

Kronk G. (1999). X/1106 C1. In *Cometography*, tome 1. Cambridge: Cambridge University Press. <https://cometography.com/lcomets/1106c1.html> (consulté le 16 novembre 2023).

Laporte J. (1967). Les opérations navales en Manche et Mer du Nord pendant l'année 1066. In *Annales de Normandie*, tome 1, pp. 3-42.

Lerouvillois R. (1841). Examen critique d'un fait de l'histoire de Cherbourg regardé communément comme constant, savoir, le vœu de l'impératrice Mathilde. In *Annuaire de la Manche*.

Meeus J. (1985). L'orbite de la comète P/Halley de -1403 à +2061. In *Ciel et Terre*, tome 101, pp. 213-216.

Moncel (du) T. (1843). Étude sur les modillons des églises romanes de Basse Normandie. In *Bulletin monumental*, tome 8, pp. 16-26.

Montier A. (1899). L'église de Martinvast. In *La Normandie monumentale et pittoresque, édifices publics, églises, châteaux, manoirs, etc. Manche 1re [-2e] partie. Partie 2 / Héliogravures de P. Dujardin; d'après les photographies de E. Durand, D. Freuler et A. Thiébaut.* Le Havre: Lemale & Cie, impr. Edit. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k6480990w/f20.item> (consulté le 24 juillet 2023).

Moulin (du) G. (1631). *Histoire générale de Normandie*. Rouen: Osmond.

Musset L. (1975). Normandie Romane (1) La Basse Normandie. In Orlando A., Rapisarda S. (éd.). *Cor Leonis: an Astrological Hypothesis about the Ethymology of a Sicilian Toponym*. (soumis pour publication).

Wace R. (1827a). *Le roman de Rou et des ducs de Normandie*, tome 1. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k65499509?rk=42918;4> (consulté le 26 novembre 2023).

Wace R. (1827). *Le roman de Rou et des ducs de Normandie*, tome 2. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k65499435?rk=21459;2> (consulté le consulté le 26 novembre 2023).

Sekanina Z., Chodas P. W. (2012). Comet c/2011 w3 (Lovejoy): orbit determination, outbursts, disintegration of nucleus, dust-tail morphology, and relationship to new cluster of bright sungrazers. In *The Astrophysical Journal*, vol. 757, tome 2, p.127. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0004-637X/757/2/127> (consulté le consulté le 26 novembre 2023).

Sigebert de Gembloux (2023) avec la continuation d'Anselme de Gembloux. In *Chronicon, 1401-1500; Manuscrit*. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b10020327c> (consulté le 26 novembre 2023).

Tessier S. (2023). *Canaliser les imaginaires, coloniser les esprits. Les ceintures de modillons romans des églises bas-normandes Inventaire systématique et exhaustif des modillons romans des diocèses de Coutances, Bayeux et Lisieux, en partie de Sées, Analyse iconographique et statistique et hypothèses de recherche.* Mémoire pour l'obtention du diplôme de l'EHESS, sous la direction de P.O. Dittmar et E. Haddad.

Thorpe B. (1861). *Anglo-Saxon Chronicles*, voll. 1 et 2. London: Pearson Longman.

Tsu Wen Shion (1934), The observations of Halley's Comet in Chinese History. In P*opular Astronomy*, vol. 42, p.191. <https://articles.adsabs.harvard.edu/full/seri/PA.../0042//0000191.000.html> (consulté le 10 mai 2023)

Voisin La Hougue J. T. (1835). *Histoire de la Ville de Cherbourg*. Cherbourg: Boulanger.

Williams J. (1871). *Observations of Comets: From 611 B.C. to A.D.1640: Extracted from the Chinese Annals*. Cambridge: Cambridge University Press.

Scorcio della *sala delle figure* della Specola di Padova con i ritratti di Copernico, Tycho Brahe e Galileo, da destra a sinistra (Fotografia dell'autore)

Architettura e dipinti alla Specola di Padova: un'immersione nelle conoscenze celesti del Settecento

Abstract

Il contributo traccia la storia della costruzione dell'Osservatorio astronomico di Padova, un gabinetto scientifico che fu concepito da Giuseppe Toaldo, primo direttore, non solo come ambiente di studio e ricerca, ma anche come luogo nel quale trasmettere nozioni didattiche e storico-scientifiche a un vasto pubblico. Gli interventi architettonici e pittorici qui realizzati dall'architetto Domenico Cerato e dal pittore Giacomo Ciesa tra il 1767 e il 1777 raccontano ancor oggi quale sia stato il progresso compiuto dall'astronomia, dall'antichità fino al Settecento.

This contribution traces the history of the construction of the Astronomical Observatory of Padua, a scientific cabinet conceived by its first director, Giuseppe Toaldo, not only as a learning and research environment but also as a place able to transmit didactic and historical-scientific notions to a large audience. The architectural and pictorial interventions carried out here by the architect Domenico Cerato and the painter Giacomo Ciesa between 1767 and 1777 tell us, still today, the progress made by astronomy from antiquity up to the eighteenth century.

Parole chiave

Osservatorio di Padova
Astronomia
Storia dell'astronomia
Affreschi
Architettura astronomica

Valeria Zanini
INAF – Osservatorio Astronomico di Padova
→ valeria.zanini@inaf.it

Introduzione

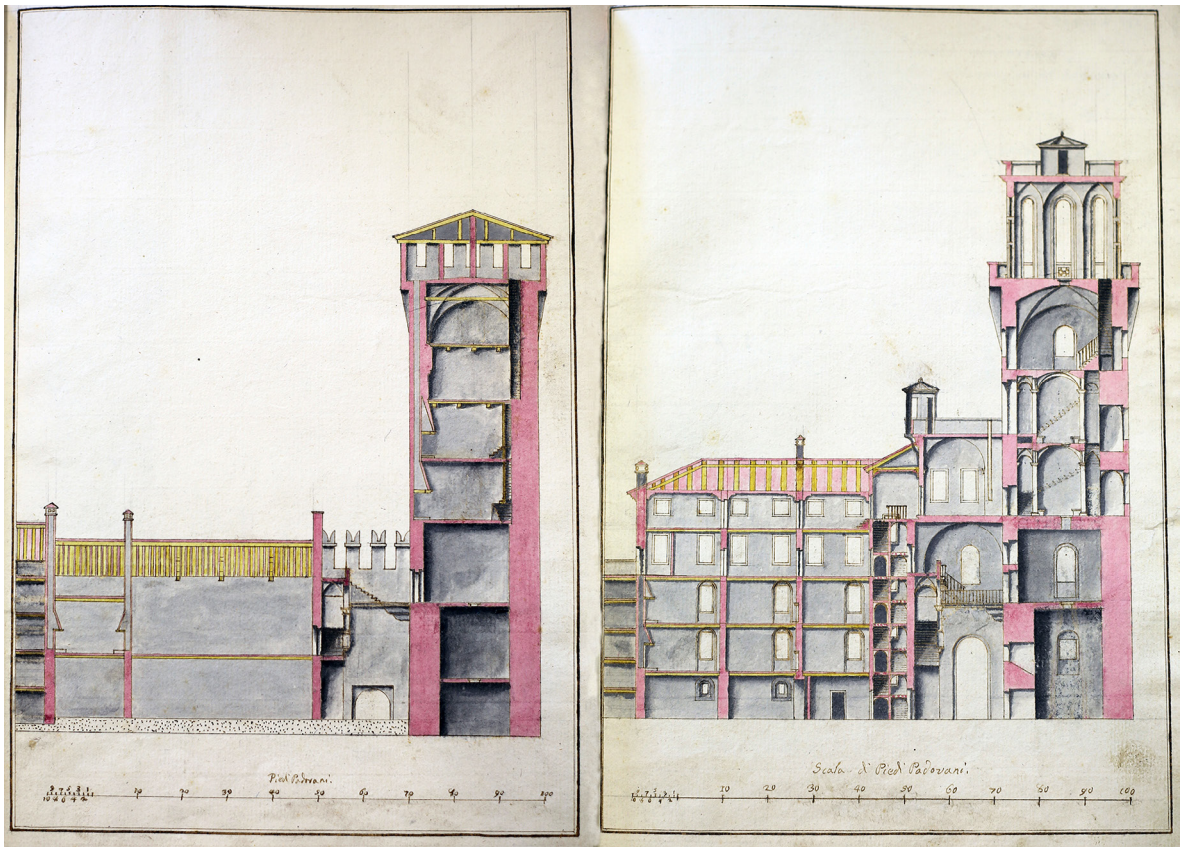
L'Osservatorio Astronomico di Padova fu istituito nella seconda metà del Settecento, a seguito della politica scientifico-culturale posta in atto tra il 1761 e il 1771 da alcuni Riformatori progressisti dello Studio di Padova – in particolare Francesco Lorenzo Morosini (1714-1793) e Andrea Tron (1712-1785) – i quali elaborarono una delle diverse riforme che interessarono l'Università patavina nel corso della sua storia centenaria. Nel rinnovamento posto in atto nella seconda metà del XVIII secolo, i Riformatori intendevano concretizzare le conoscenze accademiche nel tessuto economico e sociale della Repubblica di Venezia, soprattutto nei territori della terraferma ove si trovavano i veri nuclei produttivi della Serenissima, e a tal fine avviarono la creazione di importanti stabilimenti scientifici, come i laboratori di fisica e chimica sperimentale, la scuola di architettura e la stessa Specola (Del Negro 2000).

La richiesta di realizzare una idonea specola osservativa per gli studi astronomici e per l'insegnamento universitario era stata patrocinata dal titolare della cattedra di astronomia e meteore, l'abate Gian Alberto Colombo (1708-1777)[1], sin dall'anno accademico 1749-50, ma fu il suo successore Giuseppe Toaldo (1719-1797)[2], subentratogli nel 1764, a farsi carico della realizzazione dell'opera.

Nato a Pianezze di Marostica, in territorio agricolo vicentino, Toaldo aveva seguito gli studi sacerdotali presso il Seminario di Padova, dove ricevette gli ordini sacri nel 1743. L'anno successivo gli fu affidato l'incarico di curare la seconda edizione delle *Opere* di Galileo, nella quale egli ottenne di inserirvi anche il *Dialogo dei Massimi Sistemi*, ancora all'Indice, corredato delle postille scritte a mano dallo stesso Galileo nella copia posseduta dalla biblioteca del Seminario. Successivamente Toaldo fu nominato arciprete nella parrocchia di Montegalda e gli anni del suo servizio pastorale presso questa piccola comunità agricola di confine tra le campagne del territorio vicentino e quello padovano furono molto importanti per far crescere in lui l'interesse verso le applicazioni pratiche e i risvolti sociali della scienza (Zanini 2023). Fu in questo periodo, in particolare, che egli sviluppò uno speciale interesse verso le scienze 'del cielo', soprattutto la meteorologia, che così fortemente impattava sulla vita contadina. A questo settore di ricerca egli avrebbe successivamente dedicato gran parte della propria carriera accademica[3]. Richiamato a Padova sulla cattedra lasciata vacante dal Colombo, nel 1764 iniziò le sue lezioni e al contempo si impegnò per mettere in moto la costruzione dell'Osservatorio Astronomico, che era stata deliberata sin dal 1761[4]. Con l'obiettivo di "conseguire lumi, e direzioni necessarie da tenersi" per eseguire un siffatto incarico, nell'autunno del 1765 Toaldo si recò in visita alle specole di Pisa e di Bologna, così da trarne utili informazioni per il progetto padovano. Nel corso di questo viaggio colse l'occasione per vedere e studiare anche "i tre più famosi gnomoni d'Italia", ossia quello della cupola della cattedrale di Firenze progettato da Paolo Dal Pozzo Toscanelli nel 1475, quello della basilica di San Petronio a Bologna realizzato da Gian Domenico Cassini nel 1655 e quello della chiesa di Santa Maria degli Angeli a Roma, costruito da Francesco Bianchini e inaugurato nel 1702 (Lorenzoni 1885); in vista della successiva realizzazione della meridiana della specola padovana, fu per lui di primaria importanza poter verificare di persona come fossero stati architettonicamente progettati questi tre gnomoni. Al suo ritorno a Padova, conscio che per realizzare un'opera precisa da un punto di vista astronomico e soddisfacente sotto il profilo architettonico era necessario affidarsi ad un architetto di provata esperienza, egli si rivolse "al più abile" da lui conosciuto, ossia il vicentino Domenico Cerato (1715-1792)[5], che era stato suo compagno di studi al Seminario.

Figlio adottivo dei conti vicentini Francesco Cerato Loschi di Ciro e Carlina Capra, Cerato venne avviato alla carriera sacerdotale a Vicenza, per perfezionare poi gli studi teologali nella città del Santo. In questo periodo, però, crebbero in lui l'interesse e la passione per l'architettura, che egli studiò sulle opere di Vitruvio, Palladio e Scamozzi. La sua attività come architetto cominciò a Vicenza alla fine degli anni '40 del XVIII secolo, soprattutto a servizio degli ordini religiosi, e sempre a Vicenza aprì una scuola di architettura privata. Divenne celebre in particolare nelle opere di restauro e di riutilizzo di fabbriche che necessitavano di rinnovamenti e probabilmente fu proprio la fama che egli acquisì in questo settore che portò Toaldo a sceglierlo quale miglior architetto cui affidare la progettazione dell'osservatorio padovano. Il Cerato godeva anche della stima e del plauso dei Riformatori, "per la cognizione che possiede e per la sua onoratezza", e per questo fu incaricato di "accudire, secondo il progetto con puntualità e fede, alla erezione di detta Specola, però sempre d'intelligenza col prof. Toaldo" (Lorenzoni 1885, p. 161). Proprio la perizia dimostrata nel progettare ed erigere la nuova Specola gli valse la nomina a pubblico professore, portandolo ad ottenere la titolarità della nuova cattedra di architettura pratica civile istituita nel 1771.

Il connubio tra l'astronomo Toaldo, che dettò "l'utilizzo dei luoghi, l'orientamento delle facciate, la localizzazione e le gerarchie degli strumenti, l'apertura delle fenditure" e l'architetto Cerato, il quale avrebbe suddiviso "gli ambienti, regolato i collegamenti, reso decorosa la facciata con l'ingresso monumentale" (Ferrighi 2000, p. 170) fece della specola patavina "uno dei più magnifici [osservatori] d'Europa, e senza esitanza il più cospicuo d'Italia, per la grandezza della sua fabbrica, per l'orizzonte, per i comodi ad ogni specie di osservazioni" (Lorenzoni 1922, p. 53).



1.
Sezione verticale sud del castello prima della trasformazione (a sinistra) e in fase di progettazione della Specola con annessa casa dell'astronomo (a destra). Sopra la torre fu innalzato l'Osservatorio superiore, mentre la *sala meridiana* fu costruita al di sopra dell'androne di accesso (Archivio antico dell'Osservatorio di Padova, *Album Cerato*, tav. II, VI).

1.

La fabbrica della Specola

In base alle indicazioni ricevute dai Riformatori, in un primo momento astronomo ed architetto ragionarono sul collocamento della nuova Specola all'interno della storica sede dell'Università, e precisamente "nell'angolo libero in Bo collocato tra la Scuola grande dei Leggisti, e la Camera delle Macchine, il quale guarda il mezzogiorno, vicino al Teatro Sperimentale" (Lorenzoni 1885, p. 150). Tuttavia, grazie alle preziose indicazioni fornite dal pubblico matematico Antonio Giuseppe Rossi (?-1776), interpellato al riguardo dai Riformatori stessi, la scelta definitiva del luogo ove far sorgere il nuovo stabilimento scientifico cadde sulla torre maggiore dell'antico castello carrarese, che si ergeva a circa un chilometro di distanza, a sud della città. Edificato nel XIV secolo dalla famiglia dei Da Carrara, che era al comando della signoria cittadina dal 1318, il castello carrarese sorse sui resti abbandonati di una precedente fortificazione duecentesca voluta da Ezzelino III da Romano; nella seconda metà del Settecento il castello, noto all'epoca con il nome di Castelvecchio, era in parte dirupato e in parte ancora utilizzato come edificio militare[6].

La porzione che fu destinata al nuovo stabilimento scientifico consisteva nella torre maggiore e nella contigua sezione di levante, che fu trasformata in 'casa dell'astronomo'. Come ebbe ad argomentare Toaldo, infatti, era necessario che "un osservatorio astronomico completo [contenesse] tre parti: la fabbrica, gli strumenti e gli astronomi"[7].

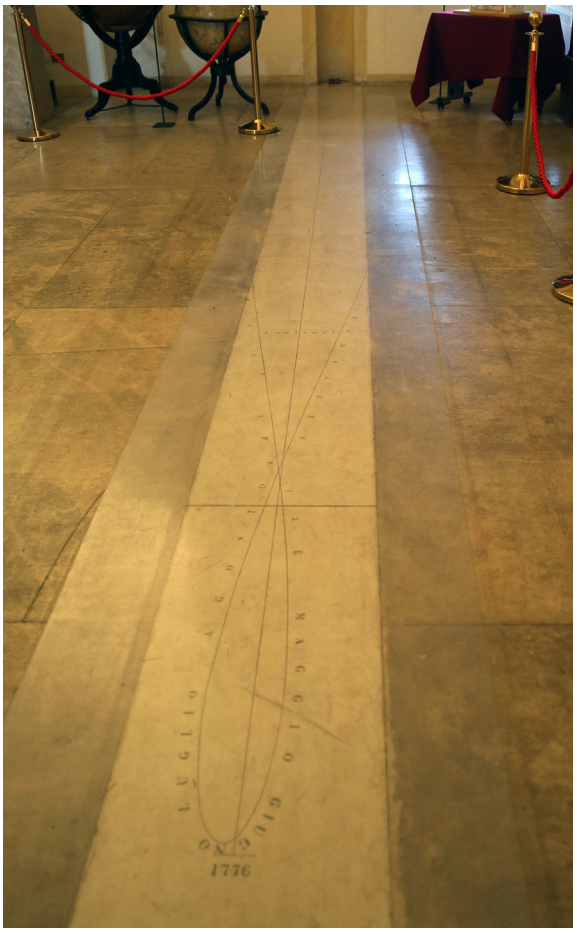
La trasformazione della torre in osservatorio astronomico fu radicale [fig. 1]: gli interni persero completamente la loro angusta struttura medievale e la sommità fu sopraelevata, creando l'osservatorio superiore, di forma ottagona, destinato all'osservazione del cielo in ogni direzione. Per garantire la durata nel tempo, nei lavori interni si utilizzarono esclusivamente materiali non deperibili, come laterizio e pietra di Costozza, di Monselice e d'Istria, mentre per garantire solidità all'intero edificio si applicarono "quattro grandi catene di ferro per rinforzo della volta che forma la testa della torre, in luogo delle preesistenti catene in legno deformi e guaste" (Lorenzoni 1922, p. 55). *Ex novo* fu creato anche l'osservatorio inferiore, sorretto ad ovest dalla torre e ad est dalla casa dell'astronomo; dal punto di vista architettonico si tratta di "un ambiente molto ardito, sospeso, retto da una volta a crociera che scarica su piloni opportunamente rafforzati da Cerato" (Ferrighi 2000, p. 169). L'osservatorio inferiore e quello superiore erano i due principali ambienti di lavoro degli astronomi padovani; nelle intenzioni di Toaldo, essi non dovevano essere finalizzati esclusivamente all'attività astronomica, ma dovevano svolgere anche una funzione di sviluppo della conoscenza nei fruitori della Specola, fossero essi scienziati, ospiti illustri o anche solo visitatori di passaggio.

La *Sala Meridiana* e il suo affresco

Dal punto di vista astronomico e architettonico, la stanza più significativa della Specola padovana è senza dubbio l'osservatorio inferiore, che Toaldo e Cerato progettarono affinché divenisse un intero spazio-strumento. Essendo destinata alle osservazioni del passaggio in meridiano degli oggetti celesti, essa prese il nome di *Sala Meridiana*. Qui è ancora presente la linea meridiana[8] che fu incisa nel 1777; essa costituì il primo strumento di cui si dotarono gli astronomi per poter compiere le loro osservazioni, dal momento che era essenziale per individuare il piano del meridiano celeste. Essendo la torre medievale già perfettamente orientata rispetto ai punti cardinali[9], anche la nuova sala, costruita a 16 metri di altezza addossandosi alla parete est, si trovò così già orientata dal punto di visita astronomico: la linea meridiana fu tracciata parallelamente rispetto alle pareti est ed ovest, mentre il foro gnomonico fu aperto sulla parete sud [figg. 2-3]. La tracciatura della linea meridiana richiese un intero anno di lavoro, durante il quale si registrarono, giorno dopo giorno, le altezze corrispondenti del Sole così da poter individuare inizialmente una linea provvisoria, che era identificata da un filo sospeso al di sopra della fascia di marmo preventivamente installata sul pavimento. Prima di incidere la traccia definitiva, si andò a correggere verso levante o verso ponente, con i necessari spostamenti dedotti dalle quotidiane osservazioni, la direzione del filo, verificando che fosse soddisfatta la condizione per cui "l'istante del mezzodì vero sull'orologio [fosse] d'accordo coll'istante del passaggio del centro dell'immagine per detta linea, che allora si fermò come giusta"[10].

Tramite la linea meridiana si misurava il mezzogiorno vero riferito all'Osservatorio e di conseguenza si poteva verificare quotidianamente il buon andamento degli orologi astronomici, sia quelli regolati a tempo medio, sia quelli regolati a tempo siderale; quest'ultimi erano controllati anche attraverso le osservazioni notturne delle stelle che si effettuavano con il quadrante murale [fig. 4]. L'imponente strumento, entrato in funzione nel 1779 dopo essere stato collocato sul muro di ponente della sala, ossia quello addossato alla torre, era opera del celebre artefice inglese Jesse Ramsden (1735-1800), che lo realizzò nel 1776. Tramite la specifica apertura che attraversava da sud a nord il soffitto della sala, tamponata nel secolo scorso, esso era utilizzato per osservare il passaggio meridiano delle stelle, operazione di misura fondamentale, assieme alla determinazione dell'esatto istante di tempo siderale di detto passaggio, per poter calcolare le coordinate astronomiche degli astri. Con i suoi otto piedi inglesi di raggio (pari a 244 cm), questo era uno degli strumenti più grandi e più precisi dell'epoca[11].

Questa sala, però, non era solo un ambiente osservativo ma era stata concepita per essere anche uno spazio didattico: sulla parete est fu infatti dipinto un



2.

3.

2.
La linea meridiana incisa nel pavimento dell'Osservatorio inferiore (fotografia dell'autore).

3.
Il foro gnomonico della linea meridiana, collocato sulla parete sud dell'Osservatorio inferiore (fotografia dell'autore).

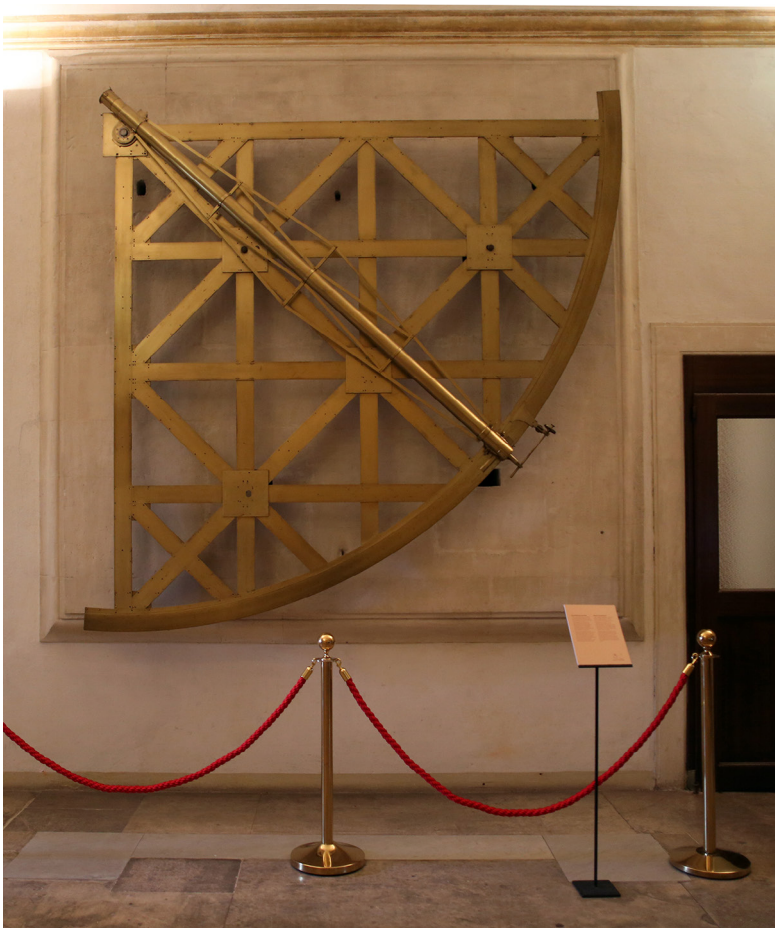
4.
Nella pagina a destra.
Il quadrante murale di Ramsden, collocato in *sala meridiana* nel 1779 (fotografia dell'autore).

5.
Nella pagina a destra.
L'affresco raffigurante il sistema solare della Specola padovana. Sopra la porta che collegava questa stanza con la casa dell'astronomo si può vedere la targa commemorativa dedicata a Giovanni Santini (fotografia dell'autore).

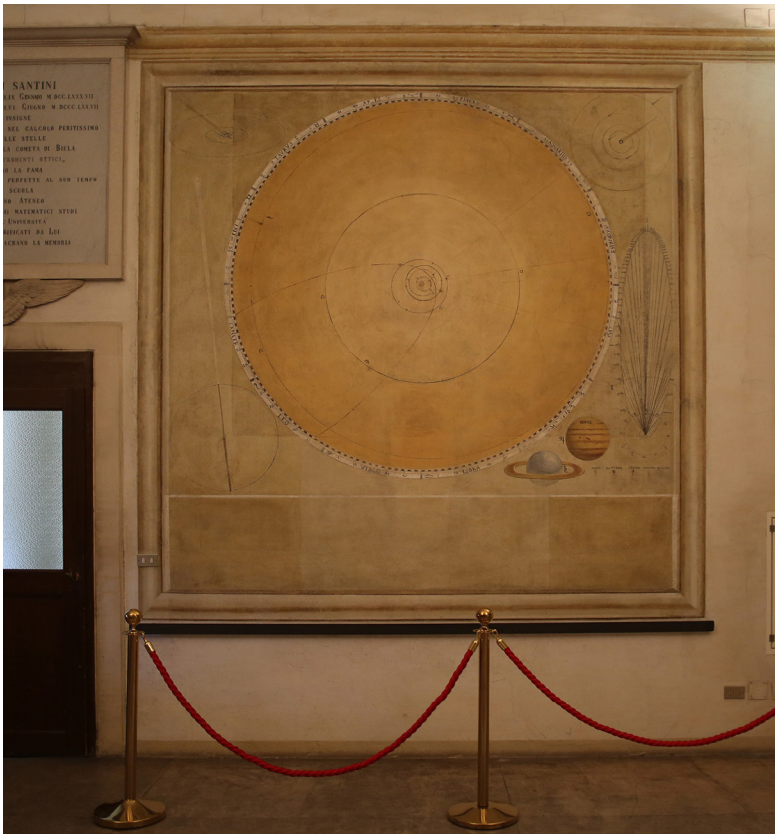
grande affresco (340x325 cm) per illustrare, con molta precisione, il sistema solare conosciuto alla fine del Settecento [fig. 5]. Al centro, infatti, sono raffigurate le orbite planetarie nel sistema eliocentrico[12] mentre in basso a destra si vedono i pianeti, secondo le loro dimensioni relative, così come si osservavano con i telescopi dell'epoca. Sul lato sinistro è rappresentata la configurazione geometrica della Terra, della Luna e del Sole che dà origine alle eclissi, rispettivamente di Sole e di Luna; al di sopra vi è Saturno con i suoi cinque satelliti allora noti, di cui ben quattro furono scoperti dall'astronomo italiano Gian Domenico Cassini (1625-1712). In alto a destra è invece visibile Giove con le orbite dei quattro satelliti medicei scoperti a Padova da Galileo Galilei nel gennaio del 1610. In quest'affresco, sulla destra, è stata anche raffigurata l'orbita della celebre cometa di Halley, determinata a partire dall'osservazione del suo ritorno al perigeo tra la fine del 1758 e l'inizio del 1759[13]. Oltre a rappresentare un *unicum* nel panorama nazionale e internazionale, dal momento che non sono noti affreschi analoghi in altri osservatori astronomici, la raffigurazione padovana cela un'ulteriore caratteristica, non visibile ad uno sguardo superficiale: le posizioni dei pianeti e dei satelliti di Giove e Saturno nelle loro orbite non sono casuali, ma sono riferite alla configurazione astronomica del cielo in una ben precisa data, che Romano (1995) ha identificato in quella dell'11 giugno 1766 mentre Pigatto (2007, p. 61) associa al 6 giugno di quello stesso anno. Entrambe le date sono compatibili con la posizione in cui è raffigurata la cometa di Halley nella sua orbita (la si vede infatti rappresentata con la sua coda esattamente a metà tra il 1766 e il 1767) e probabilmente sono associate a qualche atto ufficiale compiuto dai Riformatori per destinare la torre a sede della nuova specola benché, come riferisce Lorenzoni (1922, p. 40) di tale documentazione "non rimanga traccia".

Si ignora chi sia l'autore di questo affresco, dal momento che nessun documento noto dell'epoca ne cita l'esistenza, ma l'ipotesi più probabile presa ad oggi in considerazione è che si tratti dello stesso artista che dipinse anche i ritratti a figura intera presenti alla sommità della torre, di cui si dirà nel prossimo paragrafo. Certamente però il pittore non operò in autonomia, ma dovette agire sotto la guida dell'astronomo Toaldo, per ottenere le istruzioni astronomico-geometriche necessarie a collocare correttamente i pianeti e i loro satelliti nelle posizioni eclitticali di loro competenza alla data che si intendeva commemorare in questo dipinto.

Dell'affresco, così come della linea meridiana, si era persa memoria negli anni '60 e '70 del Novecento, dal momento che entrambi vennero coperti nel riadattamento della stanza per finalità didattiche: il pavimento era stato rivestito con linoleum, mentre nella parete contenente il dipinto, imbiancata, era



4.



5.

stata installata una lavagna. Il restauro di tutto questo ambiente, il primo di una serie di interventi che si realizzarono tra il 1987 e il 2006 per recuperare il patrimonio storico-astronomico padovano, fu effettuato in occasione delle celebrazioni per i 200 anni dalla nascita di Giovanni Santini (1787-1877), terzo direttore dell'Osservatorio[14].

Gli interventi pittorici nella *Sala delle Figure*

L'osservatorio superiore, a 35 metri di altezza, era la stanza di lavoro dalla quale si studiava la volta celeste in ogni direzione. La sala, realizzata in pianta ottagona, era infatti dotata di sei grandi finestroni chiusi da imposte rientranti; tutt'attorno fu realizzata anche una terrazza, più ampia verso sud, nella quale era possibile trasportare gli strumenti (telescopi e quadranti mobili) che si custodivano stabilmente in questa stanza. Questi erano per lo più montati su cavalletti dotati di ruote, così da facilitarne la movimentazione nel terrazzo. Da questa postazione, in particolare, si potevano osservare le comete oppure quei pianeti, come Venere e Mercurio, che al momento del loro transito al meridiano non sono osservabili, perché avvolti dalla luce solare a causa della loro piccola elongazione.
Anche questa stanza, come già la *sala meridiana*, doveva affiancare alle funzioni di ricerca quelle didattiche. Toaldo era infatti fortemente convinto che la pratica della scienza dovesse perseguire l'obiettivo di una vasta diffusione della conoscenza e della cultura scientifica nella società e in quest'ottica concepì gli interventi pittorici che adornano questo locale. Si tratta dei ritratti a figura intera di otto grandi scienziati che hanno segnato il percorso dell'astronomia nella storia, dall'antichità fino al Settecento, commissionati al pittore vicentino Giacomo Ciesa (1733-1822) e realizzati tra il 1772 e il 1773 [fig. 6]. Disposti in ordine cronologico e da destra a sinistra tutto attorno alla sala, essi sono: Claudio Tolomeo (100-170 d.C. ca.), il grande astronomo greco-alessandrino che nel II secolo d.C. aveva raccolto e sistematizzato tutte le conoscenze astronomico-matematiche del mondo antico, fornendo una solida base matematica alla cosmologia geocentrica, sopravvissutagli per oltre mille anni; Nicolò Copernico (1473-1543), il canonico ed astronomo polacco che con il suo *De Revolutionibus orbium cœlestium* a metà del XVI secolo scardinò la visione cosmologica vigente; il danese Tycho Brahe (1546-1601), il più grande osservatore pre-telescopico, che riuscì a migliorare di un fattore dieci la precisone dei dati astronomici grazie a notevoli implementazioni tecnologiche sugli strumenti da lui allestiti ad Uraniborg; il ben noto Galileo Galilei (1564-1642), rappresentato con il *perspicillum*, con cui compì le sue immortali scoperte astronomiche, e con la toga, emblema del suo status di professore universitario; Giovanni Keplero (1571-1630), ultimo assistente di Tycho ed erede delle osservazioni del pianeta Marte, che gli permisero di giungere a

6.
Una visione parziale degli affreschi dell'Osservatorio superiore. Si riconoscono, da destra a sinistra: Copernico, Tycho Brahe, Galileo, Keplero (fotografia dell'autore).

formulare le tre leggi che portano il suo nome; Isaac Newton (1643-1727), che con la teoria della gravitazione universale portò a compimento la rivoluzione astronomica e scientifica avviata da Copernico. Ad essi si aggiungono, sopra la porta di accesso alla sala, due personaggi molto importanti per la storia locale: Geminiano Montanari (1633-1687) e Giovanni Poleni (1683-1761). Il primo fu uno scienziato eclettico che si interessò di astronomia, fisica, ingegneria, idraulica ed economia e che dedicò gran parte della sua attività di ricerca a dimostrare la non scientificità dell'astrologia. Il secondo, creatore del 'Teatro di Filosofia Sperimentale', di fatto il primo laboratorio di fisica all'interno di una università italiana, fu un valente meteorologo e i suoi lavori in questo settore furono per Toaldo guida e riferimento.

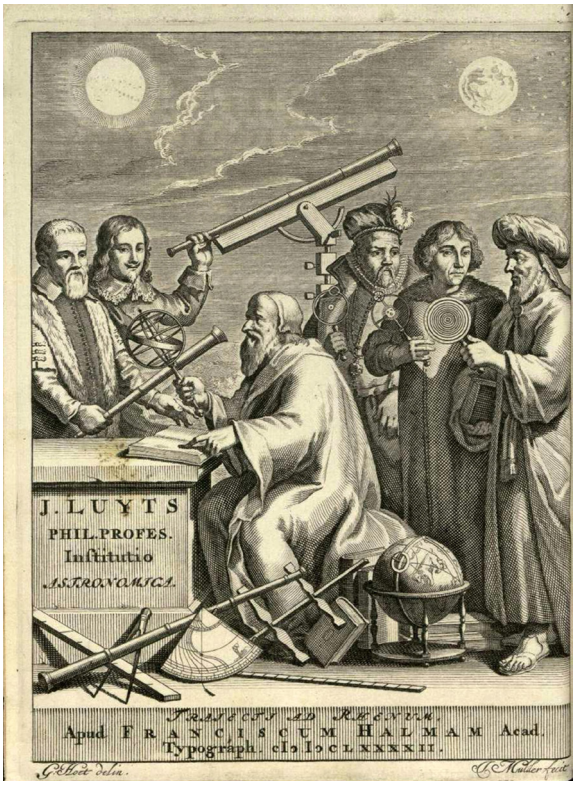
Sopra ad ognuno degli otto personaggi furono anche raffigurate, in chiaroscuro monocromatico, delle scene che si richiamano alla mitologia greca e il cui significato simbolico è strettamente correlato al personaggio sottostante (Pigatto 1999). Ad esempio, al di sopra del ritratto di Galileo è rappresentato il mito del pastore Endimione di cui Selene, la Luna, si innamorò perdutamente, scendendo sulla Terra per poterlo incontrare. Egli fu quindi il primo uomo a conoscere il vero volto della Luna, così come Galileo fu il primo uomo a comprendere la vera natura del nostro satellite [fig. 7].

La ritrattistica del Ciesa si rifà in gran parte alla calcografia di Gerard Hoet (1648-1733) e Joseph Mulder (1658-1742) riprodotta nell'antiporta del frontespizio dell'*Astronomica Institutio* dell'olandese Joannis Luyts (1655-1721), edita nel 1692 [fig. 8]. La scelta dell'iconografia di riferimento è quanto meno singolare, essendo il Luyts un matematico e astronomo olandese di secondo piano, docente dell'Università di Utrecht, ancora ancorato alla filosofia aristotelica. La sua *Astronomica Institutio* non costituiva certo un'opera di riferimento per l'astronomia settecentesca, neppure a livello iconografico, potendo disporre invece delle opere di Johannes Hevelius o Gianbattista Riccioli. Probabilmente fu scelta non tanto per il suo contenuto scientifico, bensì per la varietà dei personaggi raffigurati nel suo frontespizio, che potevano fornire al pittore gran parte dei modelli di cui aveva bisogno per realizzare i ritratti commissionategli. Il risultato finale fu comunque molto suggestivo: la tesi di laurea di Lucia Zarantonello (2017) ha messo in luce la portata didattica e commemorativa del complesso di questi dipinti, che dovevano dialogare con il visitatore sia attraverso la correlazione con il riquadro mitologico soprastante, sia attraverso l'interpretazione specifica di alcuni dettagli iconografici presenti in ciascun ritratto. Una funzione fondamentale nell'opera di diffusione della cultura scientifica doveva essere svolta anche dai perduti dipinti della volta, che era decorata con "la fascia dello Zodiaco colle figure dei suoi dodici segni, e colle stelle che a questi appartengono", e con "il si-

7.
Il ritratto di Galileo Galilei sormontato dal riquadro mitologico raffigurante Endimione e la Luna (fotografia dell'autore).

7.

stema di Copernico espresso per mezzo delle favole" (*Diario* 1788, p. 74). Purtroppo, le infiltrazioni d'acqua piovana provenienti dai finestroni e dalla terrazza del piano superiore danneggiarono pesantemente il ciclo pittorico del Ciesa già pochi anni dopo la sua realizzazione, tanto che a metà '800 la sala fu completamente riaffrescata, coprendo le figure e la volta. Quest'ultima fu fatta ridipingere con cerchi concentrici di stelle in stile giottesco, mentre tutt'attorno furono realizzati, all'interno di medaglioni, i profili di sedici illustri scienziati nel campo dell'astronomia e della meccanica celeste (Ipparco, Tolomeo, Copernico, Galilei, Keplero, Cassini, Newton, Maraldi Bradley, Herschel, Lagrange, Laplace, Bessel, Gauss, Piazzi e Oriani). Gli affreschi a grandezza naturale settecenteschi furono riportati alla luce solamente nel 1998 grazie all'intervento di restauro sostenuto dall'Osservatorio Astronomico (Pigatto 1998; Pigatto 2007), mentre la volta Settecentesca rimase irrimediabilmente perduta sotto il rifacimento ottocentesco e del 'sistema copernicano' che qui doveva essere presente, come testimoniano le fonti coeve, non resta traccia.



8. Antiporta dell'opera *Astronomica institutio*, dell'olandese Joannis Luyts, edita nel 1692 (immagine Wikimedia Commons).

Conclusioni

Se da un lato gli interventi architettonici che si portarono a compimento nella Specola patavina sul finire del Settecento furono prettamente funzionali alla pratica astronomica, dall'altro quelli pittorici divennero entità in dialogo con un pubblico più vasto di quello meramente accademico e universitario. I dipinti che adornano la *Sala Meridiana* e l'Osservatorio superiore alla sommità della torre, oggi denominata sala delle figure, sono opere che permettono oggi come allora a un qualsiasi visitatore, sia colto che illetterato, una esperienza immersiva nel progresso compiuto dall'astronomia, dall'antichità fino al Settecento.

Note

1. Per una biografia di Gian Alberto Colombo si rimanda a: Pigatto 2002.
2. Sulla figura di Giuseppe Toaldo si veda: Bozzolato 1986; Pigatto 2000; Pigatto 2002.
3. Toaldo è considerato dagli storici della scienza contemporanei uno dei fondatori della meteorologia scientifica moderna; le sue opere principali in questo settore sono il Della vera influenza degli astri, delle stagioni, e mutazioni di tempo, saggio meteorologico... del 1770, riedito nel 1781 e nel 1797, pubblicato anche in tedesco e francese, e La meteorologia applicata all'agricoltura del 1775.
4. Il gruppo di lavoro, coordinato dal sottoscritto, è composto dai membri dell'*Imago rerum team*. Le elaborazioni digitali del *Roden Crater Project* sono state eseguite presso l'allora *Dipartimento di Progettazione Architettonica (dPA)* e il *Laboratorio di Architettura Digitale (LAR)* dell'Università Iuav di Venezia, tra gli anni 2002-2007.
5. Per una biografia di Domenico Cerato si rimanda a: Ferrighi 2002. Si veda anche: Donvito, Zaggia 2016.
6. Sul castello di Padova e la sua storia esiste una vasta bibliografia; si rimanda in particolare a: Bressan 1986; Beltrame 1995; Valenzano 2019.
7. Giuseppe Toaldo, *Giornale del mio viaggio in Toscana e di Roma 1765*, manoscritto della biblioteca del Seminario di Padova, I miei viaggetti, cod. 799, t. I, citato in: Ferrighi 2000, p. 167. Di questa relazione manoscritta redatta da Toaldo nel corso del suo viaggio del 1765 sono riportati ampi stralci in Lorenzoni 1885, pp. 151-157 e Bozzolato 1986, pp. 140-145. Secondo Pigatto (Pigatto 2000, p. 77, in nota), il primo volume del codice manoscritto 799 è scomparso dalla Biblioteca del Seminario di Padova nel 1984.
8. La linea è incisa su di una fascia di marmo larga 19 pollici parigini (51,5 cm) e lunga quanto l'ampiezza della sala, ossia otto metri. Il foro gnomonico, di 8 linee di diametro (1,8 cm) è situato su di una piastra di ottone orizzontale fissata su di un capitello di marmo inserito in una concavità cilindrica nella parete sud. Il foro si trova ad una altezza di 10 piedi parigini, 6 pollici e 4 linee (3,41 m).
9. La deviazione rispetto alla linea meridiana della perpendicolare comune delle facciate nord e sud della torre è di soli 40 minuti primi verso ponente (Lorenzoni 1896, p. 13).
10. Archivio dell'Accademia galileiana di scienze, lettere ed arti, 1626/xiv, b.12, ms. 343, Relazione, ovvero Descrizione degli Strumenti della Specola di Padova. Memoria dell'Ab. Chiminello. Citato in: Pigatto, Xausa 2006, p. 59.
11. Per una descrizione approfondita dello strumento si rimanda alla scheda descrittiva online: <https://www.beniculturali.inaf.it/opac/musei/patrimonio-scientifico-tecnologico/quadrante-murale-di-ramsden> (consultato il 30 aprile 2023).

12. È opportuno sottolineare che solo nel 1758 si era concluso il processo di riforma della censura libraria voluto da Papa Benedetto XIV che portò ad abrogare il divieto di stampare e diffondere i libri che sostenevano l'eliocentrismo. L'affresco eliocentrico della specola patavina, che fu realizzato negli anni della costruzione dell'Osservatorio, ossia tra il 1767 e il 1777, fu quindi voluto dal sacerdote Toaldo non appena gli astronomi cattolici e gli scienziati italiani furono finalmente liberi di sostenere apertamente il sistema copernicano.

13. Il ritorno della cometa nei tempi calcolati dagli astronomi sulla base della teoria gravitazionale di Newton, con l'errore di appena un mese, costituì uno dei più grandi successi della nuova scienza nata dalla rivoluzione avviata da Copernico con la pubblicazione del *De Revolutionibus orbium cœlestium* nel 1543.

14. A Giovanni Santini è dedicata la targa commemorativa collocata in sala meridiana, al di sopra della porta di collegamento con l'ala sud dell'Osservatorio, un tempo casa dell'astronomo (si veda la fig. 5).

Bibliografia

Beltrame G. (1995). *Il Castello di Padova.* Padova: Libraria padovana.

Bozzolato G. (1986). Giuseppe Toaldo, uno scienziato europeo nel Settecento veneto. In G. Bozzolato, P. Del Negro, C. Ghetti (a cura di). *La Specola dell'Università di Padova*, pp. 7-245. Brugine (Pd): Edizioni 1+1.

Bressan E. (1986). *Il Castello di Padova: storia e vicende del Castello di Padova dalle origini ai giorni nostri.* [Treviso]: Canova.

Del Negro P. (2000). La politica scientifico-culturale della Repubblica di Venezia. In L. Pigatto (a cura di). *Giuseppe Toaldo e il suo tempo, Nel bicentenario della morte, Scienza e Lumi tra Veneto ed Europa.* Atti del Convegno. Padova, 10-13 novembre 1997, "Contributi per la storia dell'Università di Padova", 33, pp. 123-134. Cittadella: Bertoncello Artigrafiche.

Diario (1788). *Diario ossia giornale per l'anno bisestile 1788*. Padova: Conzatti St.

Donvito V. C., Zaggia S. (2016). *Domenico Cerato: architettura a Padova nel secolo dei lumi. Catalogo.* Milano e Padova: Skira.

Ferrighi A. (2000). Toaldo, Cerato e la fabbrica della Specola, In L. Pigatto (a cura di). *Giuseppe Toaldo e il suo tempo, Nel bicentenario della morte, Scienza e Lumi tra Veneto ed Europa.* Atti del Convegno. Padova, 10-13 novembre 1997, "Contributi per la storia dell'Università di Padova", 33, pp. 159-171. Cittadella: Bertoncello Artigrafiche.

Ferrighi A. (2002). Domenico Cerato. In S. Casellato e L. Sitran Rea (a cura di). *Professori e scienziati a Padova nel Settecento*, pp. 45-64. Treviso: Ed. Antilia.

Lorenzoni G. (1885). L'insegnamento di astronomia e meteore del prof. Lodovico Riva e i documenti relativi alla fondazione dell'osservatorio astronomico di Padova. *In Atti e Memorie della R. Accademia di scienze lettere ed arti in Padova, CCLXXXVI* (1884-1885), n.s., vol. I, pp. 121-162.

Lorenzoni G. (1896). *Il castello di Padova e le sue condizioni verso la fine del secolo decimottavo*. Padova: Tipografia Gio. Batt. Randi.

Lorenzoni G. (1922). I primordi dell'Osservatorio Astronomico di Padova. Memoria postuma pubblicata per cura di Antonio Favaro. In *Memorie Storiche sullo Studio di Padova. Contributo del R. istituto Veneto di scienze lettere ed arti alla Celebrazione del settimo centenario dell'Università di Padova*, pp. 29-94. Venezia: Officine Grafiche Ferrari.

Pigatto L. (1998). La "Sala delle Figure" della Specola di Padova. *In Padova e il suo territorio*, 76, pp. 28-35.

Pigatto L. (1999). *La "Sala delle Figure"*. Padova: Museo La Specola (anche in versione inglese: The "Sala delle Figure").

Pigatto L. (2000). Giuseppe Toaldo: profilo biografico. In L. Pigatto (a cura di). *Giuseppe Toaldo e il suo tempo, Nel bicentenario della morte, Scienza e Lumi tra Veneto ed Europa.* Atti del Convegno. Padova, 10-13 novembre 1997, "Contributi per la storia dell'Università di Padova", 33, pp. 5-100. Cittadella: Bertoncello Artigrafiche.

Pigatto L. (2002). Gian Alberto Colombo. In S. Casellato e L. Sitran Rea (a cura di). *Professori e scienziati a Padova nel Settecento,* pp. 85-99. Treviso: Ed. Antilia.

Pigatto L. (2002). Giuseppe Toaldo. In S. Casellato e L. Sitran Rea (a cura di). *Professori e scienziati a Padova nel Settecento*, pp. 101-122. Treviso: Ed. Antilia.

Pigatto L. (2007). *La Specola di Padova. Da torre medievale a museo*. Padova: Signum Editore.

Pigatto L., Xausa F. (a cura di). (2006). *Astronomi del territorio marosticense alla Specola di Padova. Vincenzo Chiminello (1741-1815) - Francesco Bertirossi-Bustata (1778-1825)*. Atti del Convegno. Marostica, 13-14 febbraio 2004. Cittadella: Bertoncello Artigrafiche.

Romano G. (1995). The picture of the sala meridiana of the Padua Observatory. I*n Memorie della SAIt*, vol. 66, 4, pp. 923-926.

Valenzano G. (a cura di). (2019). *Un castello per la signoria carrarese, un castello per la città: arte di corte in un monumento in trasformazione*. Padova: Padova UP.

Zanini V. (in corso di stampa). Giuseppe Toaldo e il Giornale Astro-Meteorologico. In *Quaderni di Storia della Fisica*, Vol. 28 (2023).

Zarantonello L. (2017). *Gli affreschi della Sala delle Figure alla Specola: iconografia e scienza.* Tesi di Laurea magistrale in Astronomia, relatore prof. G.Peruzzi, correlatore V. Zanini, S. Zaggia. Università di Padova.

Atrio del Palazzo di Angelo Giovanni Spinola a Genova (foto dell'autore).

Rappresentazioni astrologiche nel Cinquecento genovese. Allegorie e iconografie dei segni zodiacali.

Abstract

Nel Rinascimento, l'astrologia e gli oroscopi svolgevano un ruolo rilevante nella vita quotidiana; l'astrologia era considerata una scienza e gli oroscopi venivano impiegati per prevedere il futuro e fornire indicazioni sul destino, l'amore, la salute e la politica. Il contributo intende presentare gli affreschi di palazzi con tema astrologico nel Cinquecento Genovese realizzando un'analisi iconografica e allegorica sia nelle forme geometriche che cromatiche delle raffigurazioni.

In the Renaissance, astrology and horoscopes played an important role in daily life; astrology was considered a science and horoscopes were used to predict the future and provide guidance on destiny such as love, health and politics. The paper aims to present palace's frescoes with astrological themes in the Genoese 500s by carrying out an iconographic and allegorical analysis in both the geometric and chromatic forms of the depictions.

Parole chiave

Disegno
Astrologia
Tempo
Genova
Affreschi

Martina Castaldi
DAD-Dipartimento di Architettura e Design, Università di Genova
→ martina.castaldi@edu.unige.it

Michela Scaglione
DAD-Dipartimento di Architettura e Design, Università di Genova
→ michela.scaglione@edu.unige.it

Introduzione

Le origini dell'astronomia e astrologia risalgono all'antica Babilonia (circa XIV secolo a.C.), in cui si credeva che gli astri esercitassero un'azione sulla vita degli uomini, sul tempo atmosferico e sul raccolto. Come è noto l'influenza degli astri nelle diverse sfere della vita percorre ampiamente e ininterrottamente le culture di tutte le epoche e civiltà.

Durante il Rinascimento le due discipline erano strettamente collegate; l'astrologia era connessa ad altre scienze come, ad esempio, la botanica, la zoologia e la medicina (Carey 2004, pp. 345-363). L'astrologia medica, ad esempio, è una pratica molto antica già teorizzata da Claudio Galeno Nicon di Pergamo (Pergamo, 129 - Roma, c. 201-216) medico-chirurgo e filosofo greco dell'Impero romano, il quale sviluppò una teoria umorale sostenendo che la vita risiedesse nel sangue e che ogni parte del corpo umano fosse riconducibile ad un segno zodiacale. Astronomia, medicina e scienze in generale erano aspetti della medesima pratica di consultazione e studio delle stelle e del cielo come è possibile dedurre anche dal *Tetrabilos* di Tolomeo: "Consapevoli di ciò, a quanto pare, furono gli Egiziani: più di ogni altro essi svilupparono le possibilità dell'astrologia e collegarono strettamente alla medicina il pronostico astrologico. Non avrebbero di certo cercato di influire sulle condizioni generali e particolari dell'ambiente, future e presenti, con amuleti, talismani e rimedi di vario genere se fossero stati convinti dell'immutabilità e dell'inalterabilità del futuro"[1]. Le immagini astrologiche vengono diffusamente utilizzate per adornare spazi architettonici di tutte le civiltà ed epoche storiche: in occidente vennero spesso utilizzate anche all'interno delle chiese come simboli del tempo: il sole è spesso relazionato con l'immagine di Cristo, mentre i dodici segni zodiacali raffigurano i dodici apostoli.

L'astrologia nell'arte

L'arte non rimase estranea all'influenza dell'astrologia poiché numerosissime sono le decorazioni e le immagini a tema astrologico che troviamo nelle chiese, nei palazzi nobiliari ed anche in quelli pontifici (Casali 2005). Dal medioevo al Rinascimento una notevole serie di apparati decorativi a tema astrologico, con caratteristiche tipologiche distinte, percorse la produzione artistico-architettonica italiana: dai sistemi a calendario (in cui i mesi vengono collegati al corrispondente segno), ai cicli stagionali legati alle attività dell'uomo, dalle mappe celesti alle genesi dei segni astrologici. Elementi grafici differenziati venivano utilizzati all'interno di una stessa rappresentazione: un simbolo, una figura umana allegorica o la stagionalità affine. Infatti, molti di questi affreschi rappresentavano gli astri mediante figure mitologiche associate ai pianeti e ai segni zodiacali; ad esempio, il pianeta Venere era rappresentato come una precisa figura femminile, mentre il pianeta Marte era associato a una figura maschile guerriera.

Un soggetto molto complesso, e richiesto, per la realizzazione di affreschi nei grandi palazzi di rappresentanza delle famiglie nobiliari era la raffigurazione di oroscopi personalizzati, ovvero la precisa immagine del cielo in corrispondenza di eventi importanti, o al momento della nascita del committente. Questi temi astrali descrivevano con accuratezza la posizione esatta degli astri nel cielo per poi evocare il loro influsso sugli eventi futuri; l'obiettivo era probabilmente quello di dimostrare la grandezza della propria famiglia attraverso la lettura di un destino già scritto nelle stelle (Castagnola 1989). In alcuni dei nuovi palazzi che le famiglie aristocratiche di Genova si fecero costruire durante il Cinquecento è possibile riscontrare esempi significativi dell'influsso che l'astrologia aveva sulla vita di corte di quel periodo.

La ricerca si propone di creare un'analisi iconografica e allegorica, sia nelle forme geometriche che cromatiche, delle raffigurazioni dei palazzi genovesi del Cinquecento; saranno illustrati gli affreschi di Palazzo Angelo Giovanni Spinola, Palazzo Lomellino, Villa del Principe e Palazzo Doria Spinola

Genova nel Cinquecento

Durante il Cinquecento a Genova, anche grazie ad un fiorente periodo di successo commerciale ed economico della città, si avvia il rinnovamento del tessuto urbano e si affermano due nuove tipologie edilizie: il palazzo e la villa. La febbrile necessita dei ricchi di ristrutturare le proprie dimore medievali e trasformarli in sontuosi palazzi alla moda rinascimentale perdurerà per tutto il secolo e avrà il suo massimo esempio nel progetto datato 17 marzo 1550 della via Aurea[2] che vide la demolizione e lottizzazione del precedente tessuto urbano medievale (Poleggi 1968). Questi edifici fin da subito furono apprezzati da architetti, intellettuali e artisti dell'epoca; Vasari sostiene "molti affermano in niuna altra città d'Italia trovarsi una strada più di questa magnifica e grande, né più ripiena di ricchissimi palazzi" e Pieter Paul Rubens nel testo del 1622 *Palazzi di Genova* rappresenta e rileva l'architettura genovese ed in particolare quella di Strada Nuova. Questi edifici ottemperavano anche alla nuova necessità di soddisfare la richiesta di alloggi di lusso per ospitare le personalità di spicco in visita; i Rolli, originariamente denominati "Rolli degli alloggiamenti pubblici di Genova", erano un elenco delle dimore nobili che potevano soddisfare questo scopo. L'elenco generale dei Rolli veniva a sua volta suddiviso in fasce di prestigio, in base alla famiglia che ne era proprietaria, al lusso della dimora e all'ubicazione; queste ripartizioni erano chiamate *bussoli* e, in base alla collocazione, all'interno di essi era indicato con

maggiore precisione quale tipologia di personalità il palazzo era in grado di ospitare (Montanari 2016, pp. 77-106). L'inserimento del capoluogo ligure nel *Grand Tour* ebbe come conseguenza il *restyling* degli edifici pubblici e privati comportando un necessario adeguamento al gusto dell'epoca; in particolare le decorazioni dipinte subiscono un'influenza delle mode proveniente dalle altre città italiane. Tra queste vi è proprio quella dell'oroscopo.

Palazzo Angelo Giovanni Spinola

Palazzo Angelo Giovanni Spinola, sito al civico 5 in via Garibaldi a Genova, fu realizzato nel 1558-1564 per l'omonimo Angelo Giovanni Spinola, ambasciatore della Repubblica di Genova in Spagna e banchiere dell'Imperatore Carlo V d'Asburgo. La facciata, opera dei fratelli Lazzaro e Pantaleo Calvi e del Semino, si presenta liscia e con affreschi policromi raffiguranti elementi architettonici, eventi dalla storia romana, soldati in uniforme e comandanti, rappresentazioni simboliche e scene di guerra; l'insieme è volto a celebrare e esaltare le imprese militari della famiglia Spinola. L'atrio, di notevoli dimensioni, presenta una copertura a base quadrata sormontata da una volta a padiglione lunettata decorata ad affresco. Nel quadro centrale, di forma ottagonale, viene raffigurata la Battaglia di Gherardo Spinola contro i Fiorentini avvenuta nel 1330[3], opera di Marco Antonio, Aurelio e Felice Calvi; intorno nei cartigli ovali vengono riportate le allegorie di Virtù, come la fede cristiana e la gloria eterna; nelle parti laterali sono raffigurati gli Spinola più illustri come Gherardo, signore di Lucca e Tortona, Oberto e Galeotto Spinola. In questa pittura dei Calvi vi sono diversi richiami all'opera di Perin del Vaga realizzata a Genova; infatti, se l'atrio del palazzo è una sorta di pantheon della famiglia Spinola è poiché i Calvi si ispirarono stilisticamente alle decorazioni della Loggia degli Eroi di Villa del Principe affrescata nel 1529 da Perin del Vaga con funzioni di elogio dei principali esponenti della famiglia Doria (Montanari 2018).

All'interno delle lunette della volta a padiglione viene rappresentato l'intero ciclo dei segni zodiacali; essi sono posti all'interno di cornici circolari, di modeste dimensioni rispetto al resto della decorazione, e adornate esternamente da fini pitture a grottesca su sfondo chiaro [figg. 1, 2]. La posizione in pianta dei segni segue l'ordine tradizionale dello zodiaco facendo però attenzione a posizionare i cosiddetti segni fissi, o di centro stagione, nelle lunette centrali mentre i restanti vengono accoppiati in quelle d'angolo. La scelta di posizionare i segni del Toro, Leone, Scorpione e Acquario alla metà dei lati delle pareti dell'ambiente, probabilmente, fu fatta per celebrare Angelo Giovanni Spinola. Il committente, infatti, sembra fosse nato il 14 febbraio, sotto il segno dell'Acquario, e quindi la collocazione di tale segno è posta sopra l'ingresso del palazzo; questa scelta, come per tutto il resto della decorazione nell'atrio, parrebbe un ulteriore elemento celebrativo della famiglia e del richiedente stesso. Per difendere questa preferenza, che vede i segni di mezza stagione nella posizione centrale, i Calvi li rappresentano utilizzando l'allegoria umana della stagione e ponendo, in dimensioni ridotte, il simbolo dello zodiaco all'interno di una corona di nuvole nello spazio in alto delle cornici. Il Toro, o primavera, è caratterizzato da una prosperosa e rigogliosa figura femminile circondata da ceste piene di fiori;

1. Rappresentazione in pianta del ciclo dei segni zodiacali nell'atrio del Palazzo di Angelo Giovanni Spinola a Genova (elaborazione dell'autore).

2. Fotografia di dettaglio dei segni zodiacali Acquario, Toro, Pesci e Ariete dell'ingresso del Palazzo di Angelo Giovanni Spinola a Genova (elaborazione dell'autore).

il Leone, o estate, viene identificato in una figura femminile di spalle posta all'interno di un contesto naturalistico che presenta un individuo con una falce in mano che è intento nella raccolta del grano; lo Scorpione, o autunno, è simboleggiato da una figura maschile circondato e adornato da viti intento a festeggiare con un satiro; ed infine, l'Acquario, o inverno, rappresentato da una figura maschile posta accanto ad un fuoco, forse è lo stesso Angelo Giovanni Spinola che viene rappresentato avvolto in drappi viola che simboleggiando la regalità[4]. Per quanto riguarda i restanti segni anch'essi vengono tutti rappresentati, con dimensioni più grandi, nella parte alta della cornice e inseriti all'interno di una corona di nuvole spumeggianti. Le cornici hanno tutte come soggetto principale una veduta naturalistica, che cambia i colori passando dai più caldi ai più freddi a seconda della stagione in cui cade il segno; curioso è il fatto che sono rappresentati con le luci del tramonto forse come richiamo agli astri e al legame dello zodiaco con il cielo stesso.

Palazzo Nicolosio Lomellino

Palazzo Nicolosio Lomellino, o Podestà, sito in sito al civico 7 in via Garibaldi a Genova, fu realizzato nel 1559-1565 per l'omonimo Nicolosio Lomellino Centurione, commerciante di coralli in piena ascesa nell'aristocrazia genovese grazie anche alla sua parentale con Andrea Doria. La facciata, realizzata da Marcello Sparzo[5] su progetto di Giovan Battista Castello detto il "Bergamasco" e da Bernardino Cantone, è animata da finissime decorazioni a stucco di colore panna che emergono grazie alla tinta di fondo di colore carta da zucchero. Gli stucchi rappresentano busti femminili alati intenti a sorreggere la cornice marcapiano del pianterreno; la cornice del primo piano è sorretta da nastri, drappi e trofei d'armi; a coronamento delle finestre sono poste ghirlande e mascheroni all'interno di medaglioni ovali. Questa particolare decorazione a stucco, che qui per la prima volta vede interessare l'intero prospetto, era stata recentemente portata a Genova da Perin del Vaga che l'aveva utilizzata nella decorazione della villa del Principe. Anche in questo caso l'atrio presenta la medesima decorazione a stucco su fondo azzurro; la decorazione si sviluppa partendo dal medaglione ovale centrale che rappresenta una scena di trionfo di un condottiero circondata da mascheroni che si raccordano con quattro putti seduti sulla cornice perimetrale i quali, a loro volta, reggono dei festoni di frutti, che si connettono alle incorniciature delle quattro storie a bassorilievo, alternate ad altre figure efebiche sedute sul cornicione (Pesenti 2000, pp. 289-295).

All'interno il palazzo conteneva diversi cicli pittorici in tre sale del piano nobile, databili tra il 1623-24 e opera del pittore Bernardo Strozzi. Coperti dal secondo proprietario del palazzo Luigi Centurione, sono stati riportati alla luce con i restauri del 2002. Nella prima sala fu rinvenuta l'allegoria della fede cristiana, rappresentata da una donna, intenta a sbarcare sulla terra ferma da una scialuppa insieme ai quattro Evangelisti e a due marinai. Nelle altre due stanze le condizioni degli affreschi si trovavano in condizioni più precarie rispetto alla precedente. I soggetti che sono stati rinvenuti sono: l'allegoria della navigazione (adornata da tritoni) e l'allegoria della astrologia. La sala dell'astrologia, l'unica delle tre che affaccia su Strada Nuova, si sviluppa con una pianta quadrata coperta da una volta a padiglioni lunettata e mantiene ancora oggi inalterate le sue dimensioni originali. Il colore che domina in questa sala è l'ocra che è la tinta di fondo della volta a padiglione; la parte centrale presenta una cornice quadrata nella quale è raffigurata l'allegoria dell'astrologia [fig. 3]. Quest'ultima viene rappresentata come una figura femminile vestita con un drappo azzurro e con grandi ali rosse che presenta in una mano una sfera celeste nel quale centro vi è un'Idra e nell'altra mano un compasso, entrambe attributi dell'astrologia, mentre ai piedi vi è un'aquila bianca. L'Idra e l'Aquila sono tra le più antiche costellazioni testimoniate anche dai cataloghi di Tolomeo.

3.

3. Fotografia della volta affrescata della Sala dell'Astrologia di Palazzo Nicolosio Lomellino a Genova (foto dell'autore).

L'Idra è individuabile in diverse leggende che la raffigurano come un serpente mostruoso a più teste proprio poiché, la costellazione omonima, è una delle più lunghe dell'emisfero australe e presenta molteplici coppie di stelle. L'aquila bianca possiede inoltre una duplice interpretazione, la prima è che essa è simbolo della connessione dell'uomo con lo spirito; la seconda è che l'aquila, nell'allegoria ellenico-romana, era il simbolo della potenza e suprema messaggera divina oltre ad essere legata al mito della trasformazione del dio Zeus-Giove. L'astrologia è incorniciata da una ghirlanda realizzata con festoni bianchi; la particolarità di questa decorazione è che non venne ultimata, lasciando così la possibilità di scorgere le tracce di quadrettatura e di gesso nero del disegno preliminare dell'affresco dello Strozzi (Mori 1987).

Villa del Principe Andrea Doria

La Villa del Principe fu costruita tra il 1527 e il 1533 da Andrea Doria: dopo aver iniziato la sua carriera come soldato di ventura, Andrea aveva ottenuto importanti posizioni al servizio del Papa, di Giovanni della Rovere e di Francesco I re di Francia, prima di allearsi con l'imperatore spagnolo Carlo V nel 1528. Quando raggiunse l'apice del suo potere Andrea decise di costruire una dimora per il suo "honesto otio", come indicato su un'iscrizione sulla facciata nord del palazzo. Chiamò quindi l'artista fiorentino Pietro Buonaccorsi, noto come Perin del Vaga, allievo di Raffaello che si ispirò al modello della villa porticata ellenistica-romana e progettò la prima residenza rinascimentale di Genova.

La carriera militare e politica di Doria è strettamente correlata alla storia della sua villa suburbana genovese di Fassolo, all'esterno delle mura della città: il nucleo originale fu costituito nell'agosto del 1521 con l'acquisto di un modesto podere da Jacobo Lomellino, membro di un'importante famiglia nobile genovese di Fassolo. Il Palazzo ospitò l'Imperatore Carlo V nel 1533, il quale, dopo aver attraccato al porto privato della villa, venne accolto a Genova con tutti gli onori e soggiornò per l'occasione nella dimora del suo ammiraglio Andrea.

I successori di Andrea Doria, tra cui il ricco pronipote Giovanni Andrea I, continuarono ad abbellire la residenza e i giardini nel corso degli anni.

La dimora è dotata di un lungo porticato monumentale che si affaccia su un bellissimo giardino all'italiana e sulla riva del mare, dove le galee della flotta Doria erano ancorate proprio di fronte alla residenza. Per il piano nobile, Perin del Vaga realizzò un ciclo pittorico ispirato alle Metamorfosi di Ovidio, che celebrava il committente e il suo casato (Gorse 1985).

Nel suo programma glorificatorio, Pier del Vaga celebrò il destino della famiglia Doria come un percorso di inevitabile grandezza sia nella discendenza famigliare che nel destino astrologico celebrando infine l'ammiraglio impersonificato dal Dio Nettuno.

La Camera della Zodiaco riprendeva una moda del periodo che è quella di celebrare la famiglia attraverso la manifestazione di un favorevole destino astrologico: gli affreschi e gli stucchi, purtroppo poco leggibili a causa dei bombardamenti della Seconda guerra mondiale, presentavano nelle lunette i dodici segni zodiacali, le stagioni ed altre figure allegoriche. Nella volta della stanza con molta probabilità era presente l'oroscopo di Andrea Doria.

Nelle lunette, sono sopravvissuti solo quattro dei dodici segni: Pesci, Capricorno e Acquario risultano chiaramente leggibili mentre una quarta figura non è riconoscibile, tutti i segni vengono rappresentati nel cielo di una vista paesaggistica con il simbolo inserito nella costellazione di stelle che li rappresenta (Parma 1997) [fig. 4].

4.
Fotografia della volta affrescata della Camera dello Zodiaco nel Palazzo del Principe Andrea Doria (foto dell'autore).

Palazzo Doria Spinola

Il palazzo Doria Spinola fu costruito nel 1541-43 per l'ammiraglio Antonio Doria nella zona dell'Acquasola a Genova e venne inserito nella prestigiosa lista dei Rolli nel 1575 e nel 1624 passò alla famiglia Spinola, che lo sopraelevò di un piano. L'area in cui sorge il palazzo è di notevole importanza strategica e sociopolitica, poiché si trova a ridosso del complesso monastico di Santa Caterina.

La famiglia Doria, grazie anche al potere economico e politico di cui godeva, portò a Genova la febbrile voglia di edificazione e rinnovamento che perdurerà durante tutto il Rinascimento, anticipando il progetto di Strada Nuova a Genova con la lottizzazione e edificazione dei nuovi palazzi nobiliari (Barbieri, Bertelli 1999, pp. 447- 474).

L'interno è distribuito attorno ad un cortile loggiato quadrato con capitelli in stile dorico che conducono alle stanze private e collegano la galleria realizzata sotto la famiglia Spinola. Gli affreschi interni di palazzo Doria Spinola sono di Luca Cambiaso, Valerio Castello e dei Calvi, raffigurano le imprese della famiglia Doria in paragone con quelle svolte da personaggi dell'antica Roma. Il palazzo subì una ristrutturazione urbana nel 1850, che portò all'eliminazione della galleria rinascimentale e al taglio dello spigolo destro della facciata principale, rimanendo documentato l'aspetto originario solamente nelle tavole fiamminghe eseguite da Pieter Paul Rubens.

Nel vano d'ingresso su strada le lunette sono decorate con figure allegoriche delle divinità greche e grottesche ad eccezione delle due poste sullo scalone di accesso al cortile principale dove, invece, troviamo due segni zodiacali: il segno dei Pesci e quello del Capricorno rappresentati nella loro forma simbolica tradizionale [fig. 5].

Questi due segni sono accostati a due diverse tipologie di copricapi che rappresentano i simboli del potere temporale e spirituale: con molta probabilità si tratta dei segni zodiacali dell'Imperatore Carlo V (nato il 24 febbraio 1500) e del Papa Pio V (17 gennaio 1504) pontefice al momento della decorazione da parte dei Calvi del Palazzo.

Queste decorazioni sono probabilmente una forma di celebrazione ed omaggio alle due figure politiche e religiose, e anche la manifestazione del potere della famiglia Doria e delle importanti relazioni che essa intratteneva nel Cinquecento.

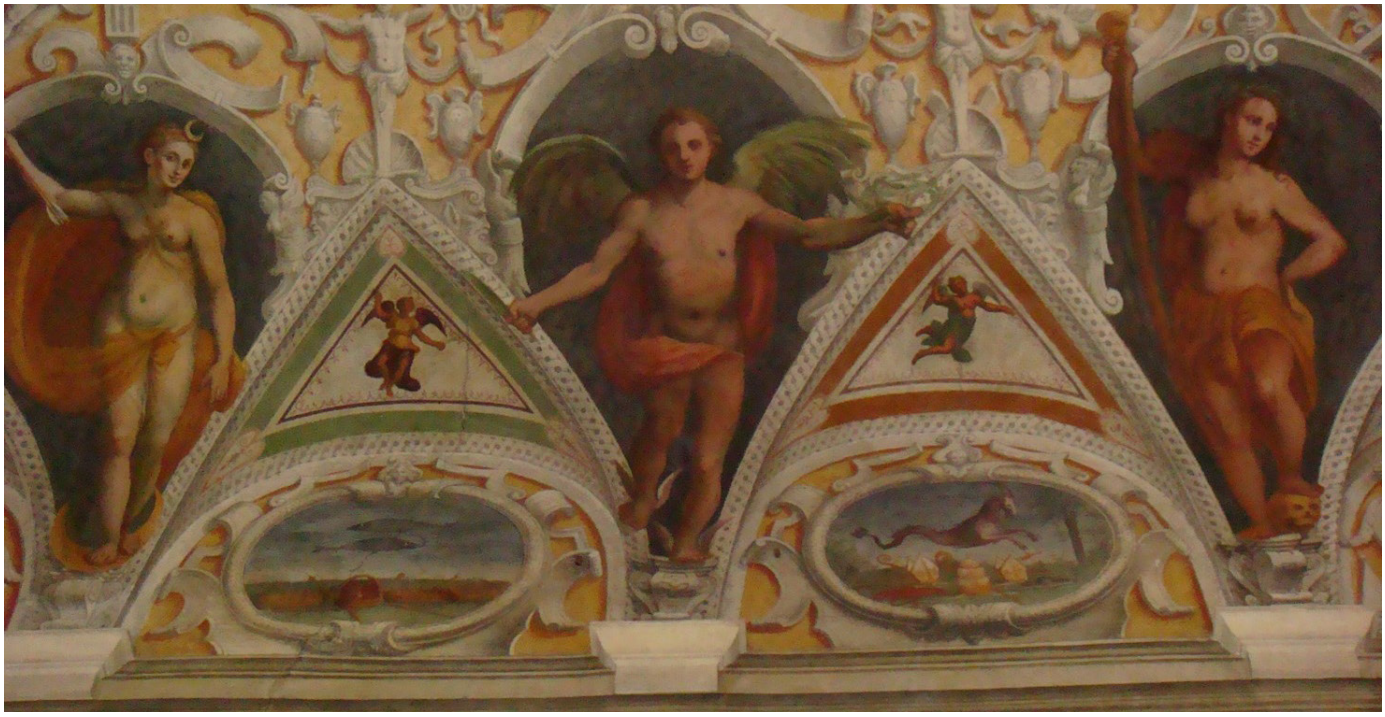
Conclusioni

Nella Genova del Cinquecento, il fermento economico e politico ha portato un profondo cambiamento a livello urbanistico con l'introduzione della tipologia di palazzo e villa per soddisfare le esigenze della nuova classe politica ed aristocratica.

L'astrologia in questo periodo storico è considerata al pari di una scienza e rientra nel dibattito culturale dell'epoca con influenze anche in ambito civile e religioso.

Numerose sono le testimonianze dell'influenza che l'astrologia ha avuto nelle decorazioni dei palazzi del Cinquecento Genovese: l'uso di simboli e allegorie all'interno di questi affreschi viene declinato secondo la moda del periodo e comunque sempre per celebrare casate, proprietari dell'immobile o particolari eventi storici.

5. Fotografia dell'ingresso di Palazzo Doria Spinola (foto dell'autore).



5.

Crediti e ringraziamenti
Seppur nella piena condivisione delle idee espresse in questo articolo, i paragrafi "Introduzione", "L'astrologia nell'arte", "Villa del Principe Andrea Doria", "Palazzo Doria Spinola", "Conclusioni" sono da attribuire a Michela Scaglione, mentre "Genova nel Cinquecento", "Palazzo Angelo Giovanni Spinola", "Palazzo Nicolosio Lomellino" sono da attribuire a Martina Castaldi.

Note

1. S. Feraboli, Claudio Tolomeo. Le Previsioni Astrologiche (Tetrabiblos), Mondadori, 1985.
2. Via Aurea oggi è conosciuta come "Strada Nuova o via Garibaldi", ma questa denominazione le viene data solo nel 1882 quando verrà dedicata a Giuseppe Garibaldi. (Consultato il 27/04/2023 https://www.museidigenova.it/it/strada-nuova-patrimonio-unesco)
3. La Battaglia di Gherardo Spinola contro i Fiorentini avvenne nel 1330 e fu considerata una delle più grandi vittorie della famiglia Spinola.
4. Durante la passione, Gesù era vestito di viola per schernirlo come "Re dei Giudei". Questo poiché già da prima il colore viola era simbolo di regalità. In Esodo a Mosè fu ordinato di fare il tabernacolo "con dieci teli di bisso ritorto, di porpora viola, di porpora rossa e di scarlatto" (Esodo 26:1). E in 2 Cronache 3:14 leggiamo che anche a re Salomone fu ordinato di decorare il tempio di Gerusalemme con teli di questo colore.
5. Marcello Sparzo (Urbino, XVI secolo – Urbino, 1616) fu uno scultore e maestro stuccatore italiano, tra i primi ad utilizzare lo stucco nelle opere monumentali di grandi dimensioni; aGenova utilizzò questa tecnica presso Palazzo del Principe con Perin del Vaga e a Palazzo Nicolosio Lomellino con il Bergamasco.

Bibliografia

Barbieri D., Bertelli C. (1999). Dalla città del Medioevo alla città dei Palazzi. Il caso di Genova dal XII al XVII secolo. In *Atti della Società Ligure di StoriaPatria*, n.s., XXXIX/I, pp. 447-474.

Bini D. (1996). *Astrologia: arte e cultura in età rinascimentale*. Modena: Il Bulino.

Carey H. M. (2004). Astrological Medicine and the Medieval English Folded Almanac. In *Social History of Medicine,* n. 17, pp. 345-363.

Casali E. (2005). Le spie del cielo. Oroscopi, lunari e almanacchi nell'Italia moderna. In *Rivista di letteratura italiana*, Vol. 34, n° 2.

Castagnola R. (1989). Un oroscopo per Cosimo I. In *Rinascimento Firenze,* Vol. 9.

Gorse, G. L. (1985). The Villa of Andrea Doria in Genoa: Architecture, Gardens, and Suburban Setting. In *Journal of the Society of Architectural Historians*, n. 44, pp. 18-36.

Montanari G. (2016). La città dei miracoli. La società dei Palazzi dei Rolli e della Genova barocca attraverso gli occhi di Pietro Paolo Rubens. In F. Toso (a cura di) *Aspetti del plurilinguismo letterario nella Genova barocca. Miscellanea di studi*. Alessandria: Edizioni dell'Orso, pp. 77-106.

Montanari G. (2018). L'eloquenza delle immagini. Storie e mito negli affreschi dei Palazzi dei Rolli. In A. Rossi, R. Santamaria (a cura di). *Superbe carte. I Rolli dei Palazzi di Genova*. Genove: paginaria edizioni, pp. 121-136.

Mori G. (1987). Arte e astrologia. In *Art Dossier*, n. 10. Firenze: Giunti Editore.

Parma E., (1997). *Palazzo del Principe Villa di Andrea Doria*, Genova: SAGEP Editrice.

Pesenti F.R. (2000), G.B. Castello, Rubens, Sparzo e il palazzo Nicolosio Lomellini a Genova. I*n L'arte nella storia. Contributi di critica e storia dell'arte per Gianni Carlo Sciolla*. Milano: Skira, pp. 289-295

Poleggi E. (1968). *Strada nuova. Una lottizzazione del Cinquecento a Genova*. Genova: SAGEP Editrice.

Le tecnologie digitali e la misura del tempo

Vista dall'alto dell'Atlante Farnese (Museo Archeologico Nazionale di Napoli).

Il rilievo digitale del Globo Farnese: alcune nuove considerazioni

Abstract

L'Atlante Farnese è una famosa scultura romana, generalmente datata II sec. d.C., che riproduce il Titano Atlante nell'atto di sorreggere faticosamente il globo celeste (MANN, Napoli inv. 6374). Si tratta, come è noto, di una delle più complete e antiche rappresentazioni della volta celeste. Il lavoro di ricerca, partendo da un rilievo fotogrammetrico 3D comprensivo di dato materico, propone una nuova lettura dello scavo superiore e dei cerchi astronomici scolpiti a bassorilievo che sarà posta a confronto con le precedenti rilevazioni e le relative interpretazioni formulate.

The Farnese Atlas is a famous Roman sculpture, generally dated to the 2nd century AD, depicting the Titan Atlas laboriously holding the celestial globe (MANN, Naples inv. 6374). It is, as known, one of the most complete and ancient representations of the celestial sphere. The research, starting from a 3D photogrammetric survey inclusive of material data, proposes a new interpretation of the hole on the globe and the low-relief astronomical circles, which will be compared with previous surveys and their respective interpretations.

Parole chiave

Atlante Farnese
storia dell'astronomia
rilievo tridimensionale digitale
geometria
scienze archeologiche digitali

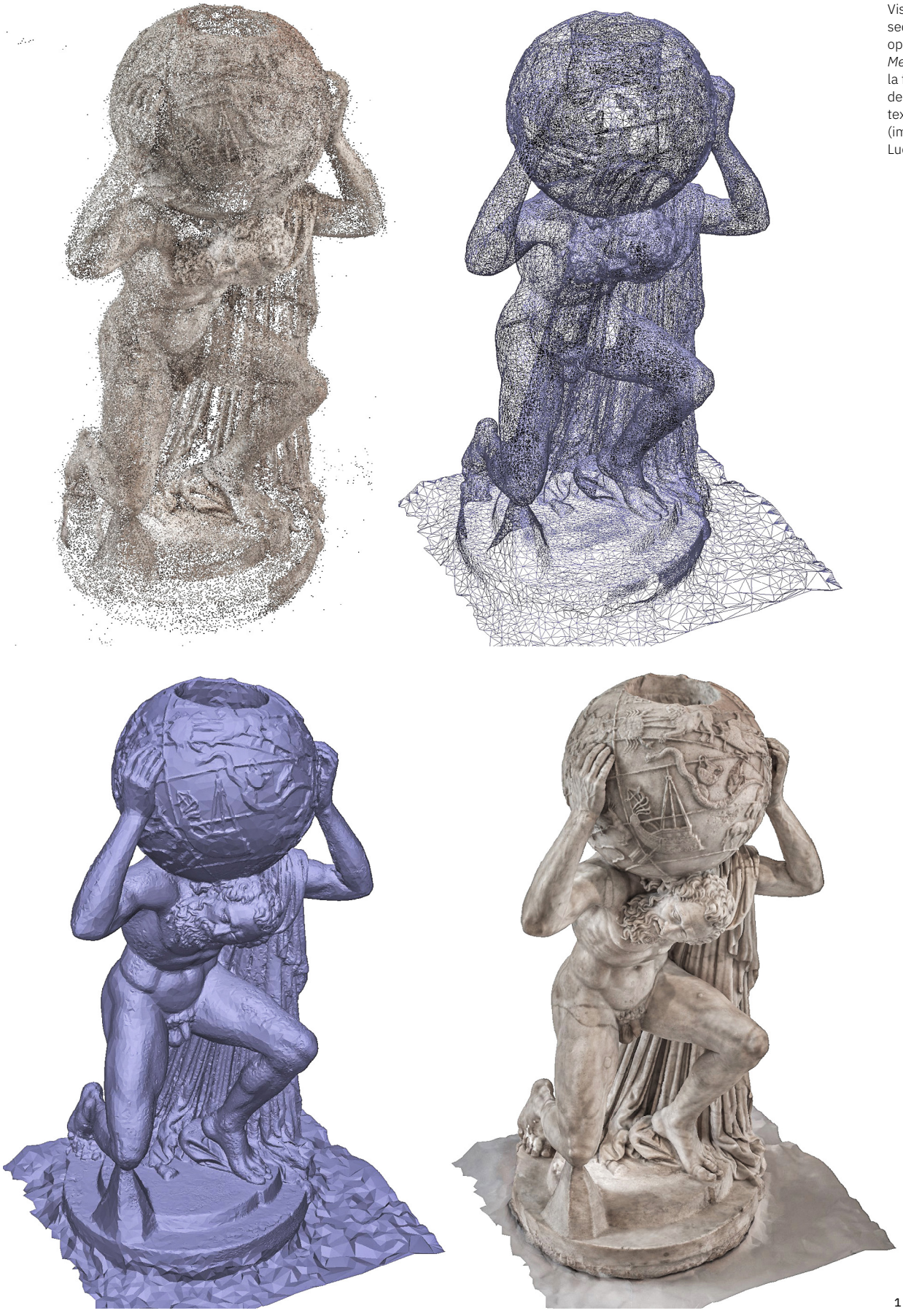
Alessandra Pagliano
Università Federico II di Napoli
→ pagliano@unina.it
Manuela Incerti
Università degli Studi di Ferrara
→ manuela.incerti@unife.it
Fabrizio Bònoli
Alma Mater Studiorum Università di Bologna
→ fabrizio.bonoli@unibo.it

L'Atlante Farnese

"In casa di M. Bernardino di Fabij a le boteghe oscure, presso S. Lucia.
Nella corte di questa casa è un busto grande di Atlante senza braccia, né viso: ma ha su le spalle aggobbate una sphera marmorea, con tutti i circoli e segni celesti, che per cielo sono, di mezzo rilievo iscolpiti […]" (Aldrovandi 1550, p. 230).
Questa di Ulisse Aldrovandi (1522-1605) è probabilmente la più antica descrizione nota (Thiele 1898, pp. 19-26) della grande statua oggi esposta nel Salone della Meridiana del Museo Archeologico Nazionale di Napoli (MANN), universalmente conosciuta con il nome di *Atlante Farnese* (Coppa s.d.).
Venduto nel 1562 dal mercante d'arte Paolo del Bufalo al cardinale Alessandro Farnese (1520-1589), insieme ad altre opere, l'*Atlante* venne poi ereditato dai Borbone di Napoli e all'inizio dell'Ottocento collocato nel Reale Museo Borbonico. Un primo intervento di restauro delle parti mancanti venne richiesto già dai Farnese allo scultore Guglielmo Della Porta (1515-1577), che si ingegnò di ricostruire il volto, parte della testa, le braccia, le gambe e il basamento. Un secondo restauro fu eseguito a Roma da Carlo Albacini (1734-1813), prima del trasferimento nel 1786 a Napoli (Valerio 2005; Coppa s.d., e referenze al loro interno).

Il globo celeste

La prima immagine della statua che si conosca è del 1575, di poco successiva all'annotazione di Aldrovandi, per mano dell'umanista e antiquario olandese Stefanus Winandus Pighius (1520-1604), il quale, oltre a mostrarci in un disegno quali fossero le condizioni precedenti ai restauri (Thiele 1898, fig. 1, p. 20; Dekker 2013, fig. 2.16, p. 85), fu anche il primo a cercare di sviluppare in piano quanto appariva sul globo celeste sorretto dal Titano (Valerio 1987; Valerio 2005).
Sul globo sono infatti riprodotti in rilievo alcuni dei principali circoli di riferimento astronomici: l'eclittica con la fascia dello zodiaco, l'equatore celeste, i tropici, i coluri solstiziale ed equinoziale e due circoli che alcuni hanno identificato come quello artico e antartico (e così continueremo qui a chiamarli per semplicità), ma che in realtà sono rispettivamente i circoli perpetui d'apparizione e di sparizione, che definiscono cioè i limiti delle zone di continua visibilità delle stelle per un osservatore posto a una determinata latitudine. Sulla sommità del globo si trova una cavità, la cui funzione, pur avendo dato adito a diverse ipotesi, non ha sinora trovato spiegazione (ne parleremo in uno dei paragrafi successivi). Vi sono poi raffigurate in bassorilievo le 12 costellazioni zodiacali, 19 costellazioni boreali e 14 australi, ma non vi sono riportate le stelle principali che danno forma alle immagini delle costellazioni e questo, come vedremo, ha costituito uno dei problemi per la datazione. Tutte le figure, sia antropomorfe che di animali o miste, sono presentate nella cosiddetta forma convessa, cioè come se fossero viste dall'esterno della sfera celeste da qualcuno – un essere superiore, una divinità – in grado di governare e regolare quanto avviene nel Cosmo. Le figure appaiono quindi invertite rispetto alla visione, che potremmo dire "normale", di chiunque osservi il cielo da terra; anche lo scorrere della volta celeste avviene in senso contrario. Era questa peraltro una consuetudine, sin dall'antichità, nella descrizione del cielo, sia nelle figure in piano che sui globi, che inizierà a cambiare praticamente solo a partire dal Seicento (Bònoli, Marcacci 2019, pp. 58-59).
Sconosciuta la provenienza e l'epoca di realizzazione, l'attenzione verso la statua fu volta ben presto all'apprezzamento dei pregevoli aspetti artistici e, soprattutto, allo studio astronomico del globo celeste per cercare di ottenere una datazione dell'opera dalla descrizione del cielo lì rappresentata.
Il primo a studiare il globo da questo punto di vista fu il veronese Francesco Bianchini (1662-1729) (Valerio 1987; Tinazzi 2005). Personaggio di grande cultura e versato in numerose discipline, Bianchini aveva studiato a Bologna e Padova, dove aveva avuto come maestro per gli studi astronomici Geminiano Montanari (1683-1687), a sua volta successore nella cattedra bolognese di Astronomia di Giovanni Domenico Cassini (1625-1712), chiamato a Parigi all'Observatoire Royal. Trasferitosi a Roma dove, tra l'altro, realizzò una splendida e complessa linea meridiana in Santa Maria degli Angeli sulle orme di quelle bolognesi di Cassini in San Petronio e di Montanari in Palazzo Pietramellara, Bianchini si occupò principalmente di questioni storiche e archeologiche, fino ad essere nominato dal Papa "presidente delle antichità di Roma".
Approfittando nel 1695 di una visita a Roma di Cassini insieme al figlio Jacques, astronomo anch'esso, Bianchini lo invitò a studiare il globo nella sua struttura astronomica. Cassini notò, fra le altre cose, che la prima stella dell'Ariete (Hamal) era spostata di 10° dalla posizione dei suoi tempi e che l'occhio del Toro (Aldebaran) era a 40° di distanza dal primo punto del Cancro; quindi, le posizioni sarebbero state confrontabili con il catalogo di Tolomeo del II secolo d.C. I risultati vennero poi descritti da Bianchini in un manoscritto intitolato *Globus Farnesianus*, conservato nella Biblioteca Capitolare di Verona, ma pubblicati solo nel 1752 dal nipote Giuseppe nella *Demonstratio historiae ecclesiasticae* (Tomo I, Parte I; Fiorini 1899; Valerio 1987; Tinazzi 2005). L'interesse dei due astronomi per il globo Farnese è dimostrato anche dal fatto che, quando nell'agosto del 1712 Bianchini si recò a Parigi a trovare l'ormai anziano e malato Cassini (morirà il 14 settembre),



1
Vista della sequenza di operazioni in *Metashape* per la formazione del modello texturizzato (immagini di Marco Lucignano).

1.

gli portò in dono "u*n modèle du Globe Céleste du Palais Farnese*", modello che pare non sia più stato ritrovato (Cassini 2003, p. 374).
Vladimiro Valerio ha analizzato in dettaglio le analisi e i risultati cui giunsero i due astronomi, mostrandone anche alcune imprecisioni, peraltro comprensibili per l'epoca. Le conclusioni dell'astronomo veronese furono "s*culptum fuisse hoc marmor, & Antonino Pio oblatum ad ornamentum Bibliothecae, una cum fixorum Catalogo per Ptolemaeum, exacto ad ejus Imperii Epocha*m" ("il marmo fu scolpito e donato ad Antonino Pio a decoro della Biblioteca, insieme al catalogo di Tolomeo delle stelle fisse redatto per l'epoca del suo regno") (Valerio 1987, p. 102). L'*Atlante*, dunque, avrebbe mostrato sul globo la descrizione del cielo eseguita da Claudio Tolomeo (ca. 100-168) nell'*Almagesto* intorno all'anno 137 e sarebbe stato realizzato sotto il regno di Antonino Pio (86-161), come suggeriva anche una moneta dell'imperatore che presentava sul verso un'immagine simile di Atlante (Tabarroni 1956a; Tabarroni 1956b; Tabarroni 1973).
Alcuni decenni dopo la visita a Roma di Cassini, l'intellettuale inglese Martin Folkes (1690-1754) – che sarà editore delle opere postume di Newton e presidente sia della Royal Society che della Society of Antiquaries – durante il *grand tour* in Italia fra il 1733 e il 1735, fece realizzare una copia in gesso dell'*Atlante* da portare in Inghilterra (oggi dispersa) (Lippincott 2011). Prendendo su questa copia misure angolari tra centinaia di punti, ricavò poi una proiezione stereografica equatoriale ortomorfa che ci è giunta solo grazie alla sua riproduzione nell'edizione londinese del 1739 di Richard Bentley (1662-1742) dell'*Astronomicon* di Manilio (Bentley 1739).
Fu questa proiezione settecentesca di Folkes, tratta (lo ricordiamo) da una copia in gesso, a servire da base per gran parte degli studi successivi, a partire dalle attente descrizioni di Georg Thiele (1898), che tuttavia retrodatava l'opera al tempo di Ipparco (ca. 190-120 a.C.), fino ai rilievi fotogrammetrici eseguiti nel 1980, in occasione dell'esposizione della statua al Centre Georges Pompidou per la mostra *Cartes et Figures de la Terre*. Questi ultimi sono stati utilizzati da Valerio (1987) per confermare la datazione di Cassini e Bianchini all'epoca Antonina. Più recente è il lavoro di Bradley Schaefer (2005), eseguito su ricostruzioni da fotografie digitali, che torna a sostenere una provenienza dai tempi di Ipparco; lavoro sottoposto peraltro a svariate critiche (Valerio 2005; Farnese Atlas 2005; Duke 2006; Lippincott 2011; Lippincott 2016). Senza dimenticare l'ampia e accurata descrizione di fine Ottocento redatta da Matteo Fiorini (1899, pp. 9-25), che inoltre inserisce la presentazione dell'*Atlante Farnese* in un percorso storico sulla realizzazione dei globi celesti, suggerendo anch'egli una datazione all'età Antonina.
In sostanza, si viaggia in un periodo di più meno quattrocento anni, e ancora oggi si trova spesso una definizione dell'*Atlante Farnese* come "copia romana del II secolo d.C. di un originale ellenistico del II secolo a.C.".

Il problema della datazione astronomica del globo

Questo problema coinvolge due temi di ricerca:
a) capire dagli aspetti iconografici delle figure delle costellazioni a quale descrizione (di epoca precedente o contemporanea alla scultura) potrebbero fare riferimento;
b) capire dalla posizione delle costellazioni e dei circoli astronomici a quale catalogo stellare (di epoca precedente o contemporanea alla scultura) potrebbero fare riferimento.
Rispetto al primo problema, non ce ne occuperemo in questa sede, soprattutto perché molto è già stato scritto e in modo ampio e dettagliato, in particolare recentemente da Kristen Lippincott ed Elly Dekker (Lippincott 2011; Dekker 2013; Lippincott 2017). Ci limitiamo qui a riportare solo un paio di commenti delle due autrici, particolarmente significativi al riguardo:
"*Artists do not always follow faithfully the sources they are supposed to copy but create their own pictorial language and use traditions outside the astronomical context. […] The astronomical accuracy of a globe is no issue for the sculptor of a decorative globe, the stories that can be told about the constellation figures are more to the point. It is therefore to be expected that the iconography was adapted in the copying process*" (Dekker 2013, p. 97).
"*From an art historical point of view, neither iconography nor the style in which the constellation figures have been carved offer any significant clues to a more definitive dating. It is worth pointing out that, whereas the forms of the constellations depicted on the Farnese Globe may have echoes of earlier Hipparchan elements, the details of several of the figures themselves are definitely Roman*" (Lippincott 2016, p. 58).
Oltre al fatto che, come suggerito da Thiele (1898, p. 30), bisognerebbe appurare se l'artista abbia realizzato il globo con attenzione, seguendo pedissequamente il modello di una sfera celeste o se le costellazioni furono solamente una sua aggiunta decorativa, subendo quindi alcune, oggi imprevedibili, modifiche. Quindi, è chiaro che il primo punto – gli aspetti iconografici – non porta a una conclusione certa.

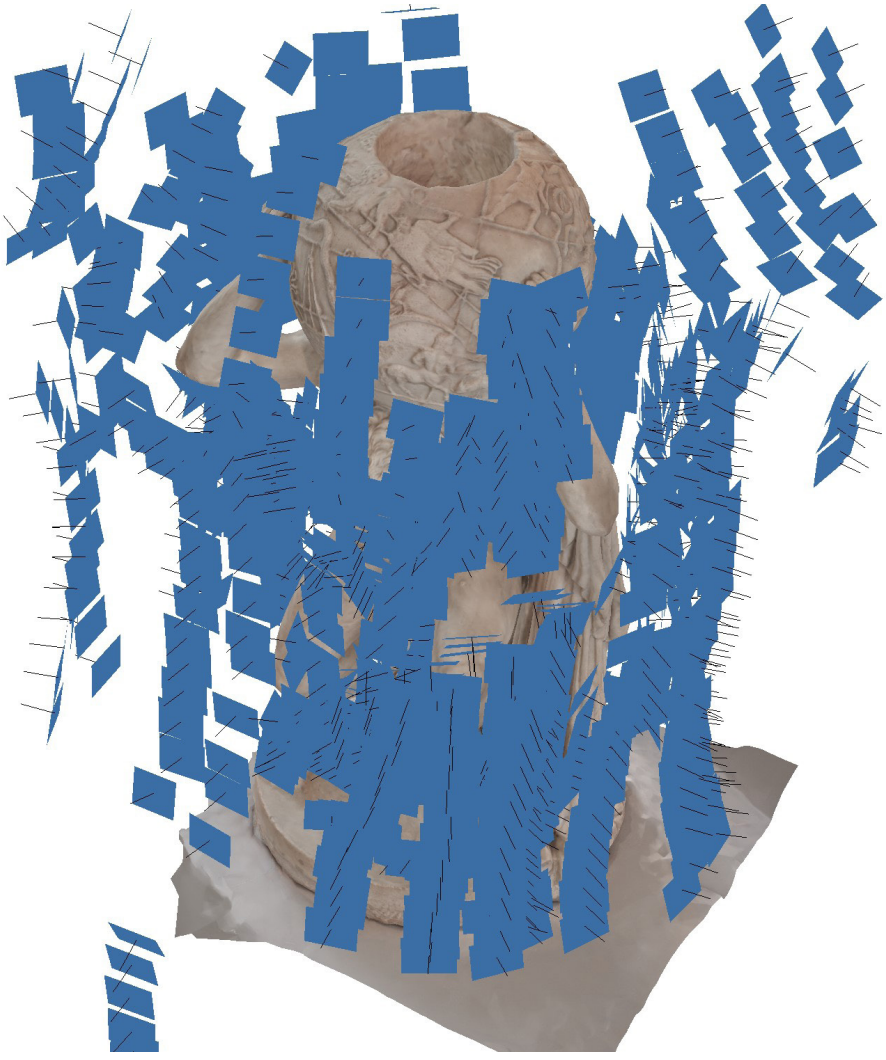
L'accuratezza delle misurazioni astronomiche

Resta allora da discutere il secondo punto: le misurazioni delle posizioni di circoli e costellazioni. Questo non è affatto semplice, soprattutto per due aspetti.
Il primo: come detto in precedenza, sul globo non sono rappresentate le stelle, il che impedisce di ri-

cavarne direttamente le coordinate per confrontarle con cataloghi stellari. Gli studiosi hanno cercato di identificare le posizioni di alcune stelle dalla forma delle costellazioni (proprio come fecero Cassini e Bianchini), ma si può immaginare con quale precisione. Inoltre, di quali cataloghi stiamo parlando? Di fatto, gli studi più recenti si sono incentrati soprattutto su due opere: i *Commentari* di Ipparco ad Arato ed Eudosso, e l'*Almagesto* di Tolomeo. Il primo, unica opera sopravvissuta di Ipparco, probabilmente redatta intorno al 150 a.C., è un commento critico in forma di poema didascalico ai precedenti *Phaenomena* di Arato, datati intorno al 275 a.C., a loro volta basati su quelli di Eudosso del 366 circa (Manitius 1894). Vi sono descritte le costellazioni, come loro e le stelle che le compongono si trovano posizionate rispetto ai circoli celesti e quali sono le condizioni del loro sorgere e tramontare nei vari periodi dell'anno. Si ritiene che intorno al 127 a.C. Ipparco avesse compilato, con osservazioni proprie, anche un vero e proprio catalogo di stelle, del quale solo molto recentemente sono stati trovati alcuni frammenti mediante immagini multispettrali di un palinsesto (Gysembergh V. et al. 2022). Grazie al confronto tra le sue osservazioni e quelle di 150 anni precedenti di Timocari e Aristillo, Ipparco sarebbe stato il primo a scoprire il fenomeno della precessione degli equinozi.

È questo un lento moto conico dell'asse di rotazione terrestre attorno al polo dell'eclittica che si compie in circa 25770 anni; ne risulta un analogo moto apparente di tutta la volta celeste al ritmo di 50,26 secondi d'arco all'anno. Naturalmente, con la volta celeste ruota anche l'equatore celeste, così che i due punti in cui l'equatore interseca l'eclittica – i punti equinoziali, rispettivamente "primo punto d'Ariete" o "punto gamma" e "primo punto di Bilancia" o "punto omega" – retrocedono della stessa quantità, cioè un grado in 72 anni.

L'importanza di questa digressione astronomica è dovuta al fatto che l'osservazione sul globo delle posizioni delle intersezioni dell'equatore con l'eclittica permetterebbe di risalire all'epoca del catalogo che l'artista (o l'astronomo che



2.

2.
Dettaglio delle riprese per il rilievo fotogrammetrico: nella parte retrostante gli scatti fotografici sono minori poiché l'Atlante era addossato a un muro e dunque il suo retro era difficilmente accessibile (immagine di Marco Lucignano).

lo può aver guidato) avrebbe utilizzato come riferimento.
Infatti, l'altra opera di cui si parlava prima, l'*Almagesto* di Claudio Tolomeo, datata intorno all'anno 137 (e di cui non riteniamo qui necessaria alcuna presentazione), è successiva di circa 265 anni al perduto catalogo di Ipparco. Quindi, la semplice moltiplicazione del numero di gradi di cui si trovano spostati sull'eclittica i punti equinoziali per il valore annuo della precessione darebbe l'epoca del catalogo usato. Ma, come sempre, il mondo non è mai facile! Quale valore di precessione usare? Non certo quello odierno di 50,26" all'anno. Ipparco sembra che stimasse questo valore di 48", mentre secondo Tolomeo sarebbe stato di 36". In ogni caso, la differenza di circa 265 anni tra le due opere risolverebbe allora il problema.
E questo ci porta al secondo aspetto di cui parlavamo prima e cioè non solo alla precisione delle misure eseguite, come abbiamo visto, dal Seicento ad oggi, ma soprattutto alla precisione con cui lo scultore può avere operato nel riportare i circoli e le figure sul globo, supponendo che l'artista avesse voluto rappresentare fedelmente la volta celeste.
Ci spieghiamo: avendo il globo una circonferenza di circa 203 cm, un grado corrisponde a 0,56 cm sul diametro massimo, cioè 1 cm è uguale a circa 1°46'. Questo vuol dire che se nel lavorare con lo scalpello l'artista compiva un comprensibile errore di mezzo centimetro finiva per sbagliare il posizionamento di quasi due gradi: un'accuratezza lavorativa di ± 0,5 cm dà una barra d'errore di ± 53' (poco meno di due gradi). È da notare anche che lo spessore dei bassorilievi varia da 0,3 a 0,6 cm.
Inoltre, lo spostamento dell'equinozio, che in un secolo è di circa 1°23', secondo Tolomeo, invece, era più lento: 1° in cento anni, ampiamente entro la barra d'errore di ± 0,5 cm. Tutto questo discorso ci porta a concludere che le posizioni delle intersezioni equatore-eclittica sul globo possono oscillare di almeno un paio di centinaia di anni, grosso modo la differenza tra il presunto catalogo di Ipparco e quello di Tolomeo; queste sono anche le conclusioni cui sono giunti, tra gli altri, Valerio (1987) e Duke (2006). La precisione stimata, sia di Ipparco che di Tolomeo, si ritiene essere tra mezzo grado (ottimisticamente) e un grado (Paci 1913; Duke 2002 e referenze all'interno), cioè inferiore o uguale a mezzo centimetro sul globo.
Da qui la necessità di eseguire misure delle strutture

3.

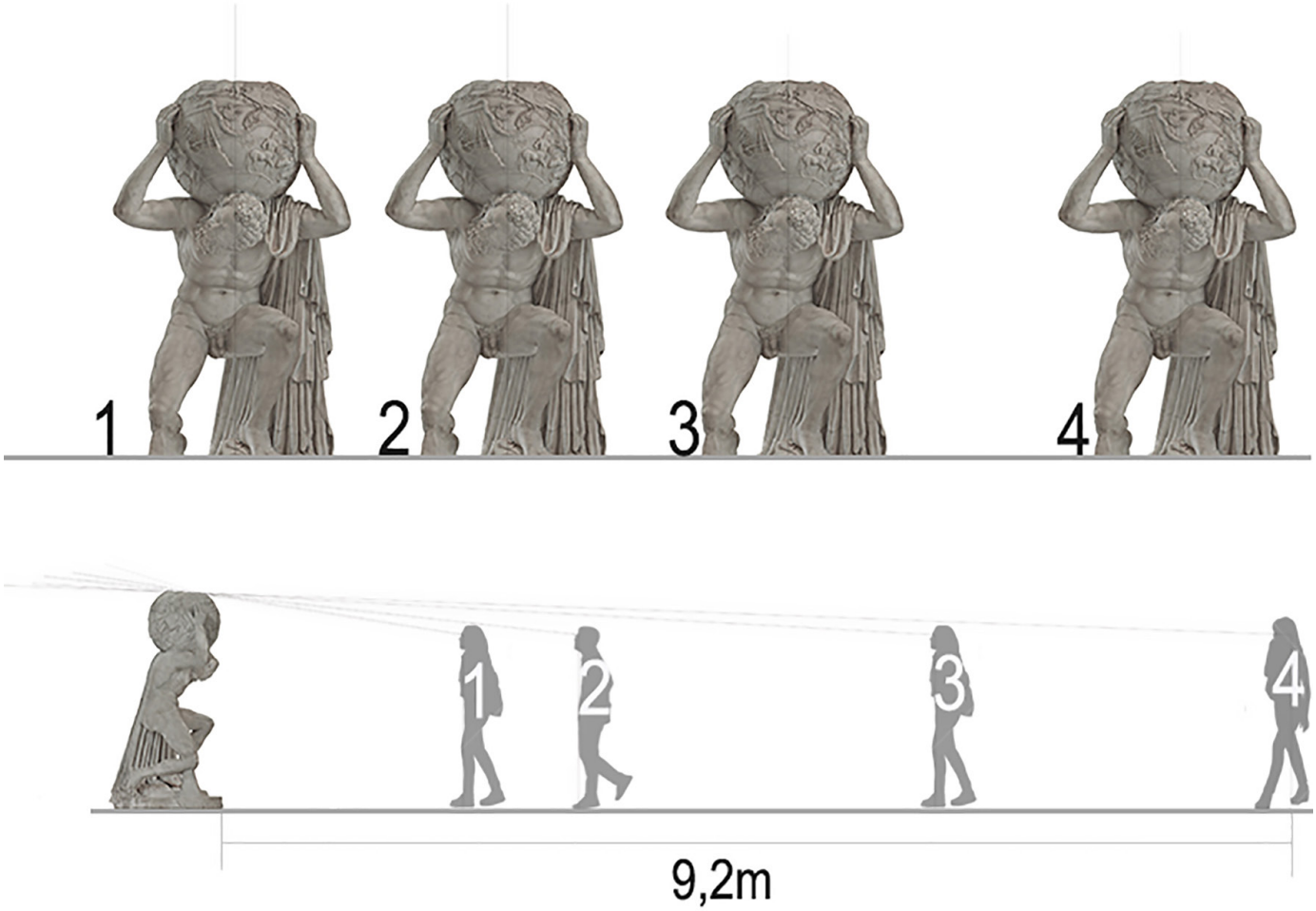
3.
Modello mesh con texture ad alta definizione: prima proiezione ortogonale (immagine di Marco Lucignano).

sul globo con le più moderne tecniche di rilevamento (come descriviamo qui in seguito), non fosse altro perché si possa dire, con il *Sidereus Nuncius* di Galileo, "*ut et altercationes omnes, quae per tot saecula philosophos excruciarunt, ab oculata certitudine dirimantur, nosque a verbosis disputationibus liberemur*" ("e così tutte le dispute che per tanti secoli tormentarono i filosofi si dissipano con la certezza che è data dagli occhi, e noi siamo liberati da verbose discussioni").

Il rilievo strumentale e le prime considerazioni

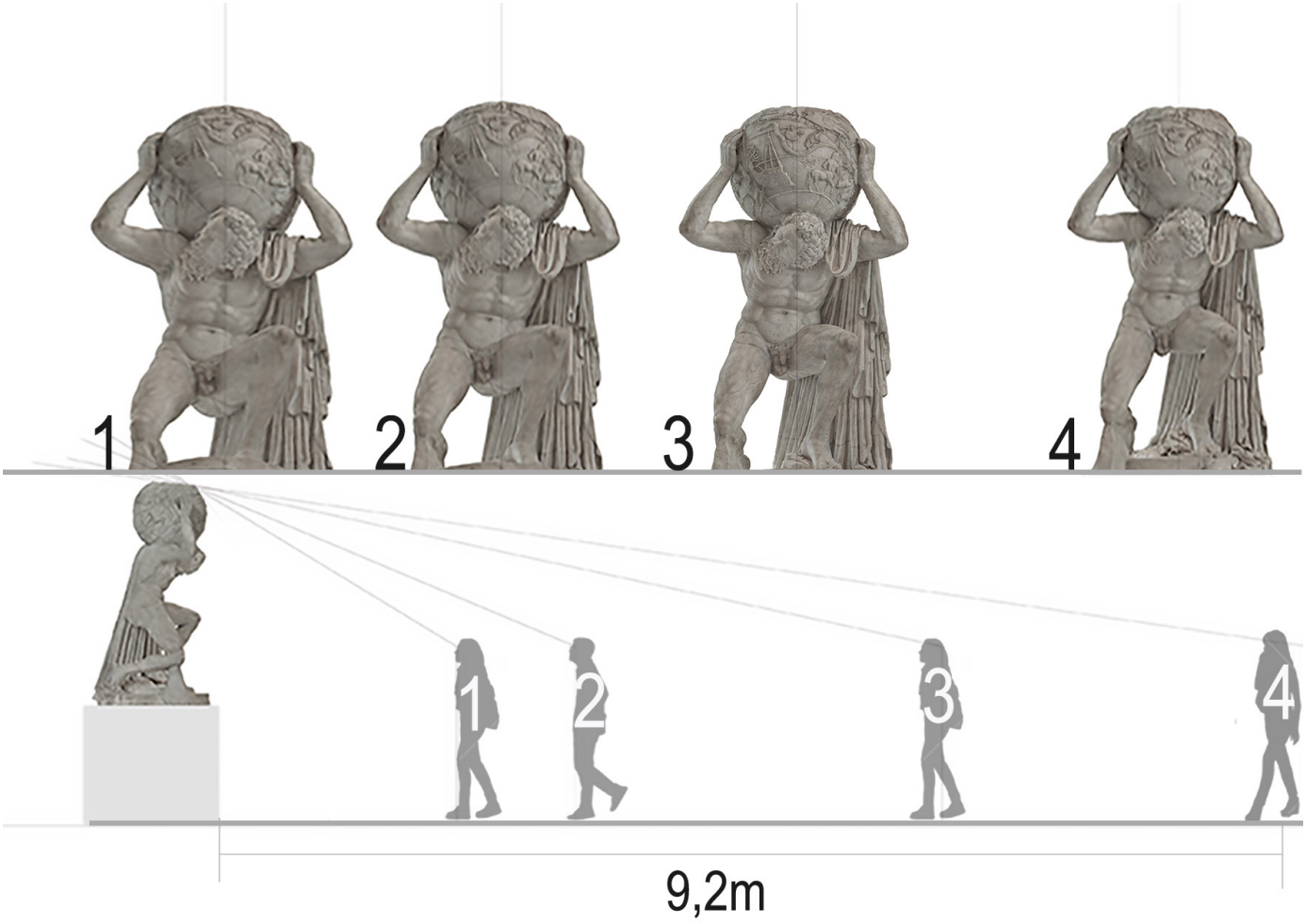
Il rilievo della scultura, eseguito per una precedente ricerca,[1] è stato realizzato mediante fotogrammetria digitale. Sono state utilizzate 990 fotografie scattate con una camera reflex Canon EOS 250D (6000x3368 px), adatta a mettere a fuoco superfici semi-riflettenti come i marmi dell'Atlante. Il software di fotogrammetria digitale utilizzato è *Agisoft Metashape Professional* [figg. 1-2]. Non è stato possibile utilizzare lampade flash; per aumentare la luminosità della stanza e della superficie marmorea stessa è stato necessario installare due riflettori con diffusore di luce bianco semitrasparente. I riflettori sono stati preventivamente posizionati in modo da ottenere il miglior equilibrio tra morbidezza della luce e le ombre portate sulla superficie marmorea. La posizione dei riflettori è rimasta invariata per l'intera campagna fotografica.

Il numero dei poligoni della mesh dell'intera statua, in seguito ridotto per ottenere un modello più snello e adatto al suo utilizzo divulgativo, conta 981.464 vertici e 1.918.026 facce, mentre il solo globo (separato dal modello generale) conta 186.007 vertici e 359.587 facce. L'elaborazione della texture ad altissima risoluzione che mappa il modello tridimensionale è stato un elemento cui prestare la massima attenzione perché ottenere un perfetto clone dell'opera, non solo dei suoi aspetti geometrici e anche materico-superficiali, permette di interrogare il modello 3D ottenuto alla ricerca delle tracce e dei segni di possibili trasformazioni durante i secoli. Tale ricerca delle tracce, che caratterizza fortemente l'analisi delle opere in termini archeologici, su un modello digitale tridimensionale si arricchisce della possibilità di verificare le ipotesi fatte in relazione alla geometria globale delle forme, correlando ogni dettaglio sempre all'unicum dell'oggetto.

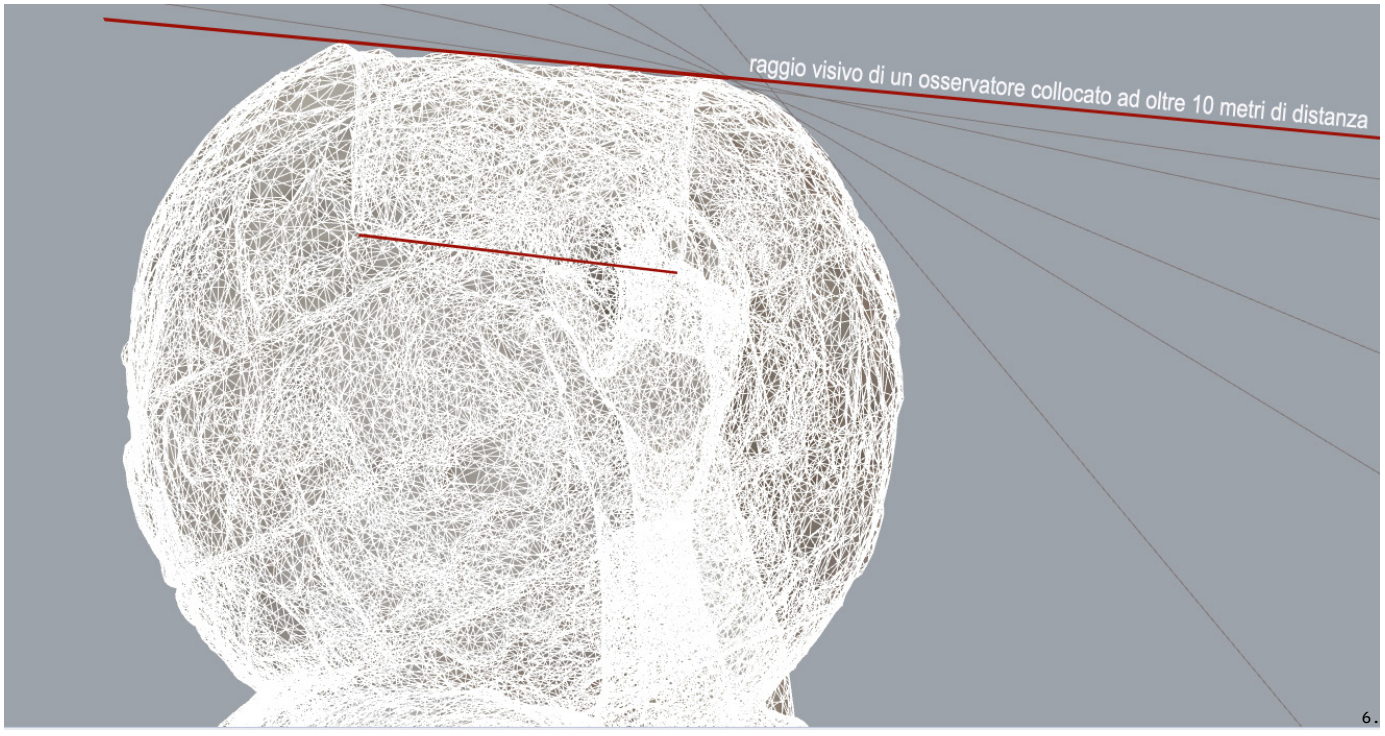


4.
Analisi della visibilità dello scavo sul globo per distanze progressive.

4.


1
2
3
4
1
2
3
4
9,2m

5.

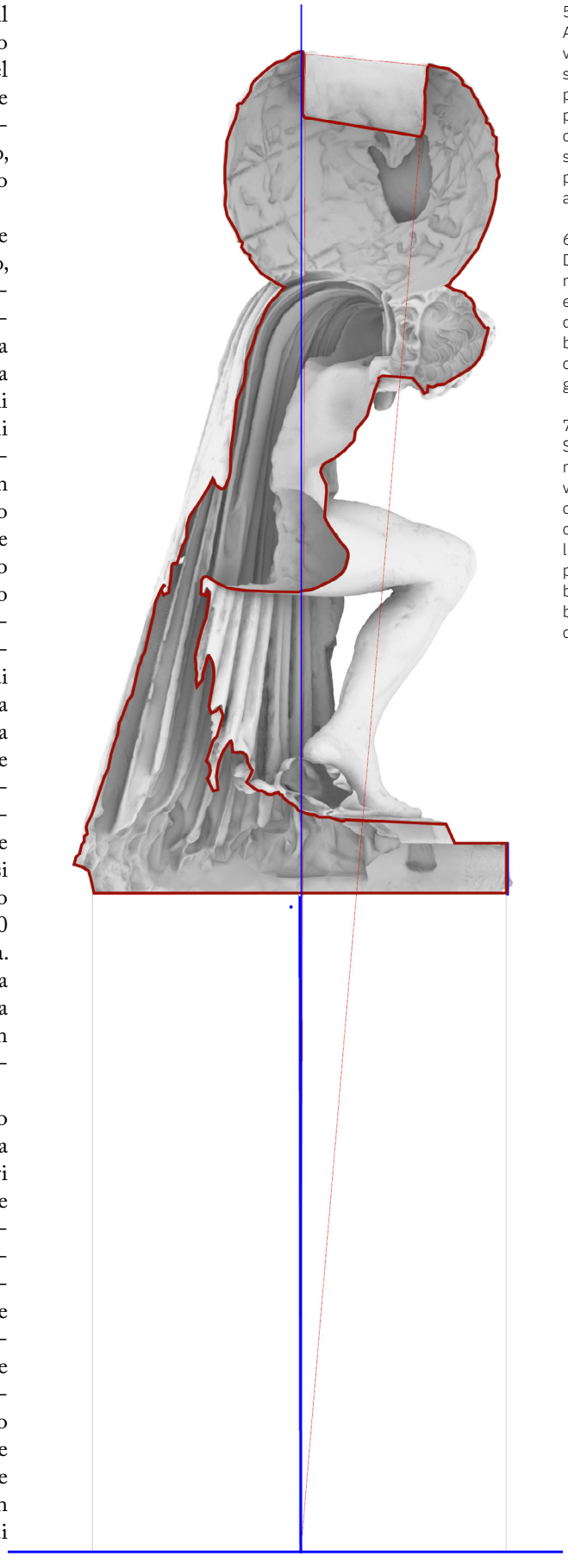

raggio visivo di un osservatore collocato ad oltre 10 metri di distanza

6.

Già da una prima analisi è possibile notare che il globo appare schiacciato sulla sommità: il modello 3D ci ha permesso una prima analisi ragionata del dato. Molti storici ipotizzano che, come buona parte della statuaria romana, l'Atlante sia una copia ellenistica in marmo di un originale greco in bronzo, realizzata per il Museion di Alessandria d'Egitto (Giulierini 2021).

La figura 3 mostra chiaramente il foro sommitale troncoconico scavato all'intero del blocco marmoreo, che ha cancellato le costellazioni dell'Orsa maggiore e dell'Orsa minore, oltre ad interrompere il bassorilievo della costellazione del Dragone nella zona circumpolare. Sappiamo che la statua venne ritrovata senza testa e senza braccia e che è incorsa in alcuni sostanziali restauri tra il XVI e XVII secolo. I primi interventi di restauro furono eseguiti già nel Cinquecento dallo scultore Guglielmo Della Porta con il ripristino delle parti mancanti. Alla statua, furono aggiunti il volto con parte della testa, le braccia e le gambe nonché il basamento, e ancora oggi ne sono visibili gli innesti sulla superficie marmorea (Valerio 2005). La posizione del tronco di cono scavato appare particolarmente relazionata al contorno apparente del globo marmoreo, e dunque a valutazioni di tipo visivo volte ad occultarne la presenza. La statua è alta 190 cm e con ottima probabilità, in analogia a quanto accadeva per altre celebri statue classiche esposte in spazi pubblici, era appoggiata su un piedistallo, di misura purtroppo sconosciuta, ma che portava la sua altezza totale a superare certamente i due metri. Dalla sequenza di immagini della figura 4 si evince chiaramente che lo scavo inizia a vedersi solo per un osservatore di media altezza (occhio ad 1,50 m dal suolo) posizionato a circa 9 metri dalla statua. La verifica è stata condotta posizionando una camera digitale in corrispondenza di ciascun punto di vista analizzato, con asse del cono visuale coincidente con il raggio visivo tangente alla superficie a doppia curvatura del globo marmoreo.

Tuttavia, se l'Atlante viene posto su un piedistallo cubico di 1m di altezza, il foro sommitale risulta visibile solo a una distanza maggiore di 9 metri [figg. 5-6]. Di particolare interesse è stato inoltre l'individuazione della giacitura delle basi, pressappoco parallele, del tronco di cono scavato all'interno del globo Farnese. Dall'analisi geometrico-dimensionale del modello 3D è risultato inoltre che il vertice del cono viene a trovarsi lungo l'asse verticale passante per il baricentro della base circolare della statua [fig. 7]; il dato potrebbe validare dunque l'ipotesi che la sfera sia stata scavata in seguito ai restauri del XVI secolo che apposero le gambe mancanti al busto dell'Atlante, determinandone così l'assetto statico finale, che richiese tuttavia un sensibile alleggerimento del globo per motivi di ordine statico.



7.

5.
Analisi della visibilità dello scavo sul globo per distanze progressive. Si noti che la statua è stata inserita su un piedistallo di 1 m di altezza.

6.
Dettaglio del modello con evidenziazione della giacitura delle basi del tronco di cono scavato nel globo

7.
Sezione del modello con il vertice del cono che viene a collocarsi lungo l'asse verticale passante per il baricentro della base di appoggio della statua.

L'analisi del modello

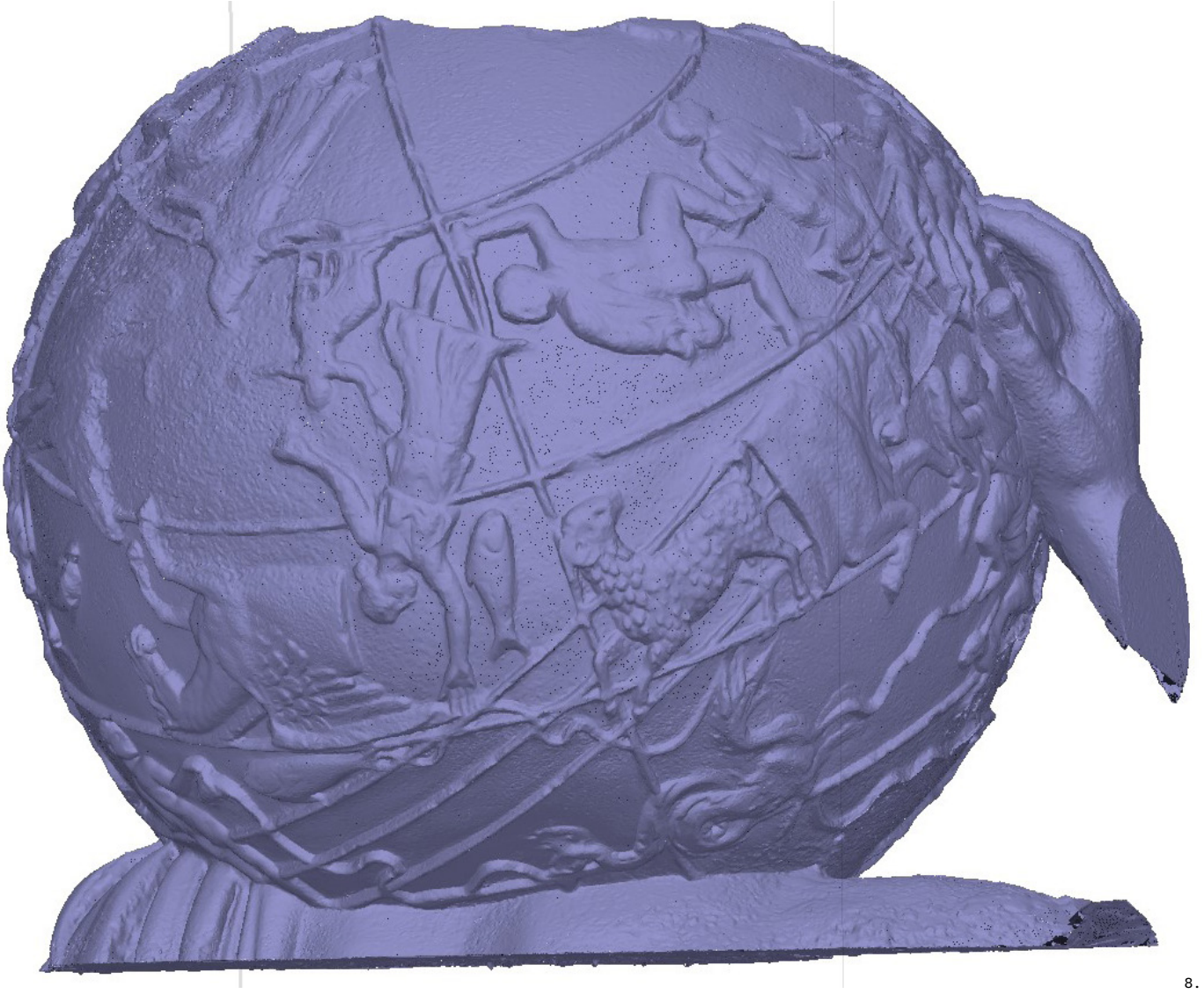
Anche se i dati ottenuti hanno, indubbiamente, un'accuratezza e una precisione inferiore a quanto si potrebbe oggi ottenere da un rilievo acquisito con scansione laser a luce strutturata, appaiono comunque adeguati per indagare sui quesiti geometrici che sottendono la nostra ricerca per mezzo delle operazioni grafiche necessarie. Per questa fase è stato realizzato un nuovo modello della sola parte oggetto di studio, al fine di accrescere il dettaglio della mesh, utilizzando le stesse fotografie della campagna realizzata in precedenza e sopra descritta. È stata così ottenuta una mesh di 3.080.214 vertici e 5.899.988 facce con lunghezza dei lati submillimetrica [fig. 8]. I due modelli prodotti (Atlante e solo globo) sono stati sovrapposti e letti in sequenza.

La lettura dei cerchi astronomici scolpiti è stata eseguita all'interno di un software di modellazione *free form* (*Rhinoceros 7*) mediante la creazione di piani opportunamente tracciati.[2] Partendo dall'equatore celeste sono stati disegnati i piani contenenti i tropici, i due circoli artico e antartico, i coluri solstiziale ed equinoziale e, infine, l'eclittica con la fascia dello zodiaco. L'intersezione tra ciascun piano contenente i suddetti elementi[3] e la *mesh* del modello ha consentito di estrarre i profili delle curve che li rappresentano e, in un secondo momento, di confrontarli con la circonferenza che meglio gli si approssima.

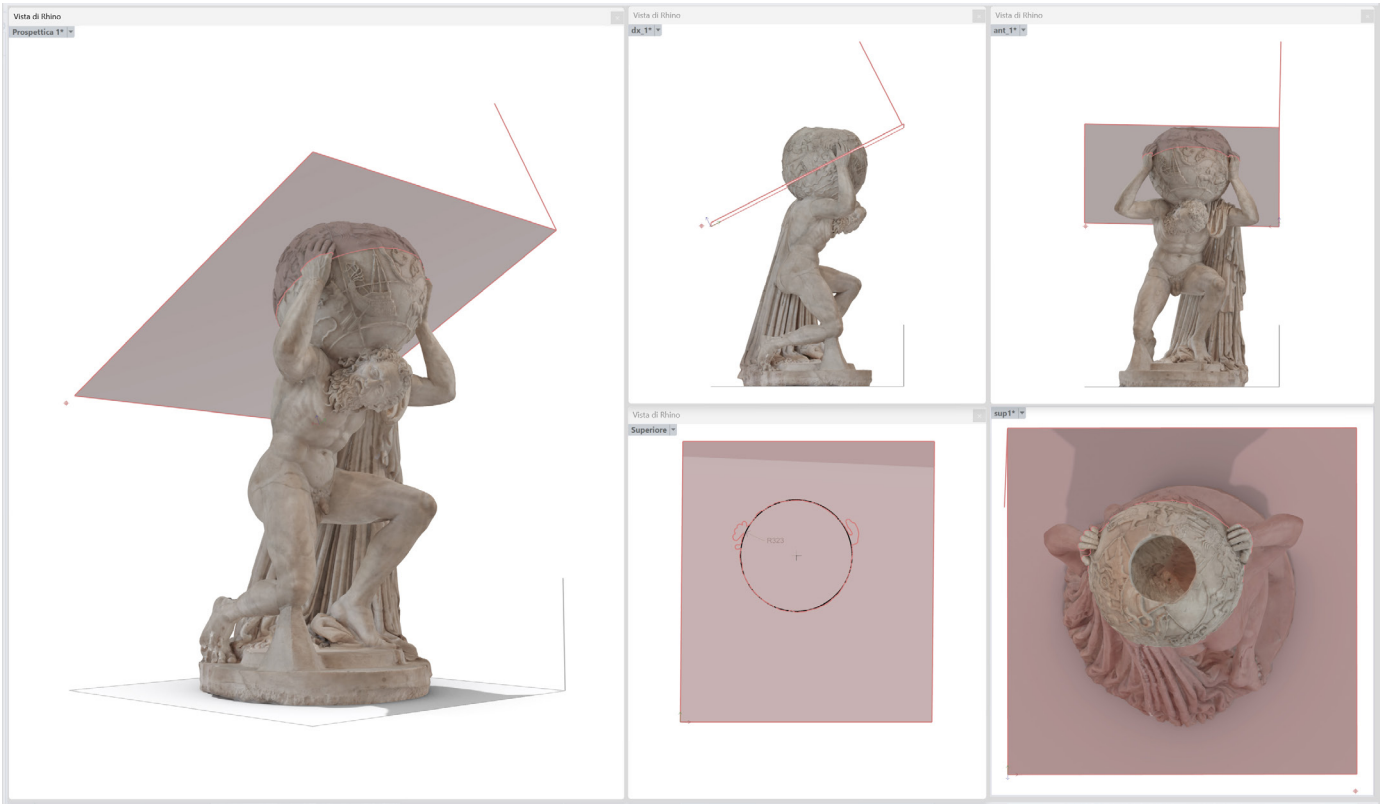
Già dalle prime operazioni è stato possibile tuttavia notare come, in diversi casi, i cerchi astronomici non siano curve rigorosamente piane, bensì gobbe. Questo dato geometrico, non evidenziabile nel corso delle precedenti ricerche a causa delle tecnologie allora disponibili, condiziona la lettura della loro forma che la letteratura ha cercato di ricondurre alla precisione ricercata nella costruzione degli strumenti astronomici. Come vedremo meglio a seguire, non è possibile trovare il centro esatto della sfera rispetto a cui misurare le inclinazioni reciproche del sistema dei cerchi celesti (poiché non si tratta di una sfera

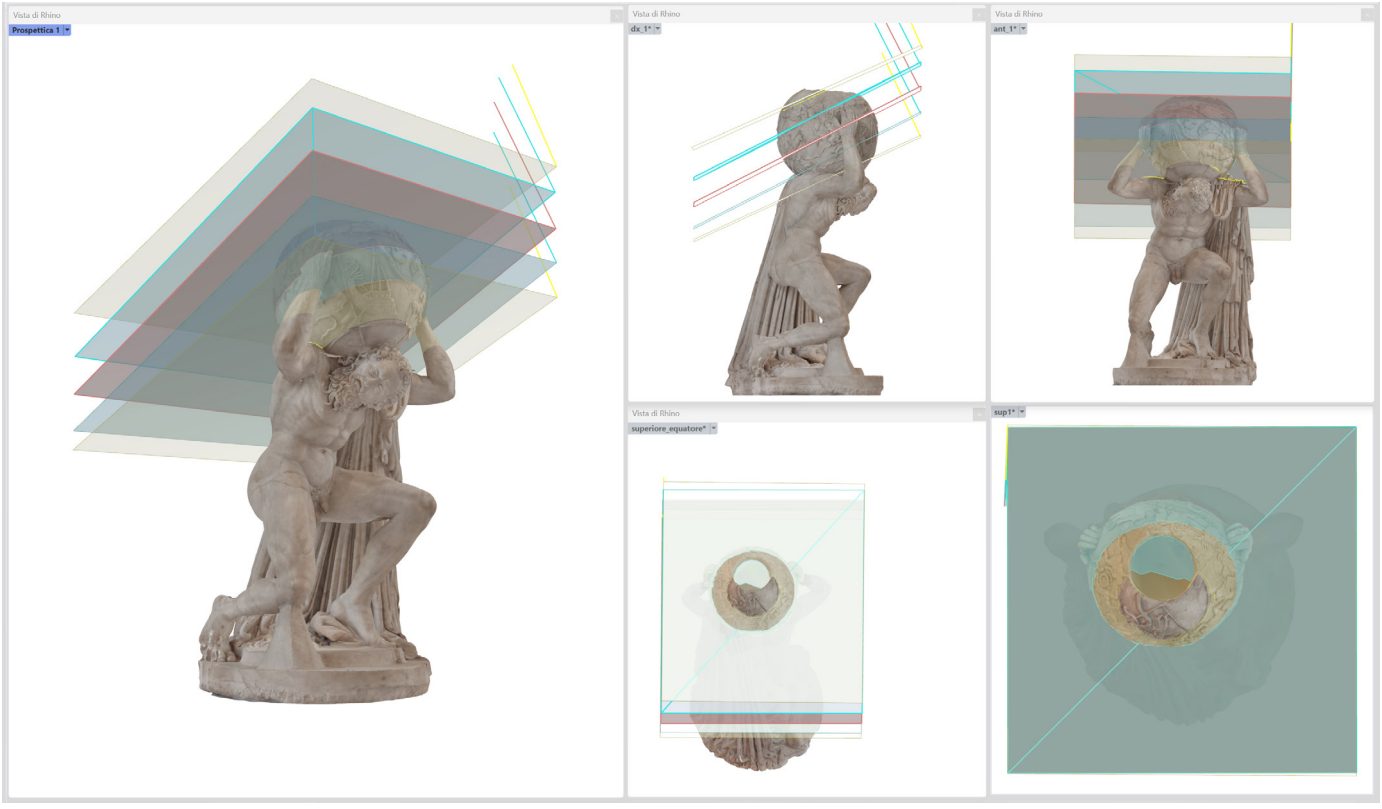
8.
Dettaglio del secondo modello (sola sfera) in modalità *wireframe*.

9.
Nella pagina a destra, in alto l'intersezione del piano dell'equatore con la mesh. In basso i piani contenenti i tropici e i circoli artico ed antartico e l'equatore celeste. È evidente la mancanza di parallelismo tra i piani nella vista laterale (ortografica).



8.


Vista di Rhino
Prospettica 1*
Vista di Rhino
dx 1*
Vista di Rhino
ant 1*
Vista di Rhino
Superiore
sup1*


Vista di Rhino
Prospettica 1
Vista di Rhino
dx 1*
Vista di Rhino
ant 1*
Vista di Rhino
superiore_equatore*
sup1*

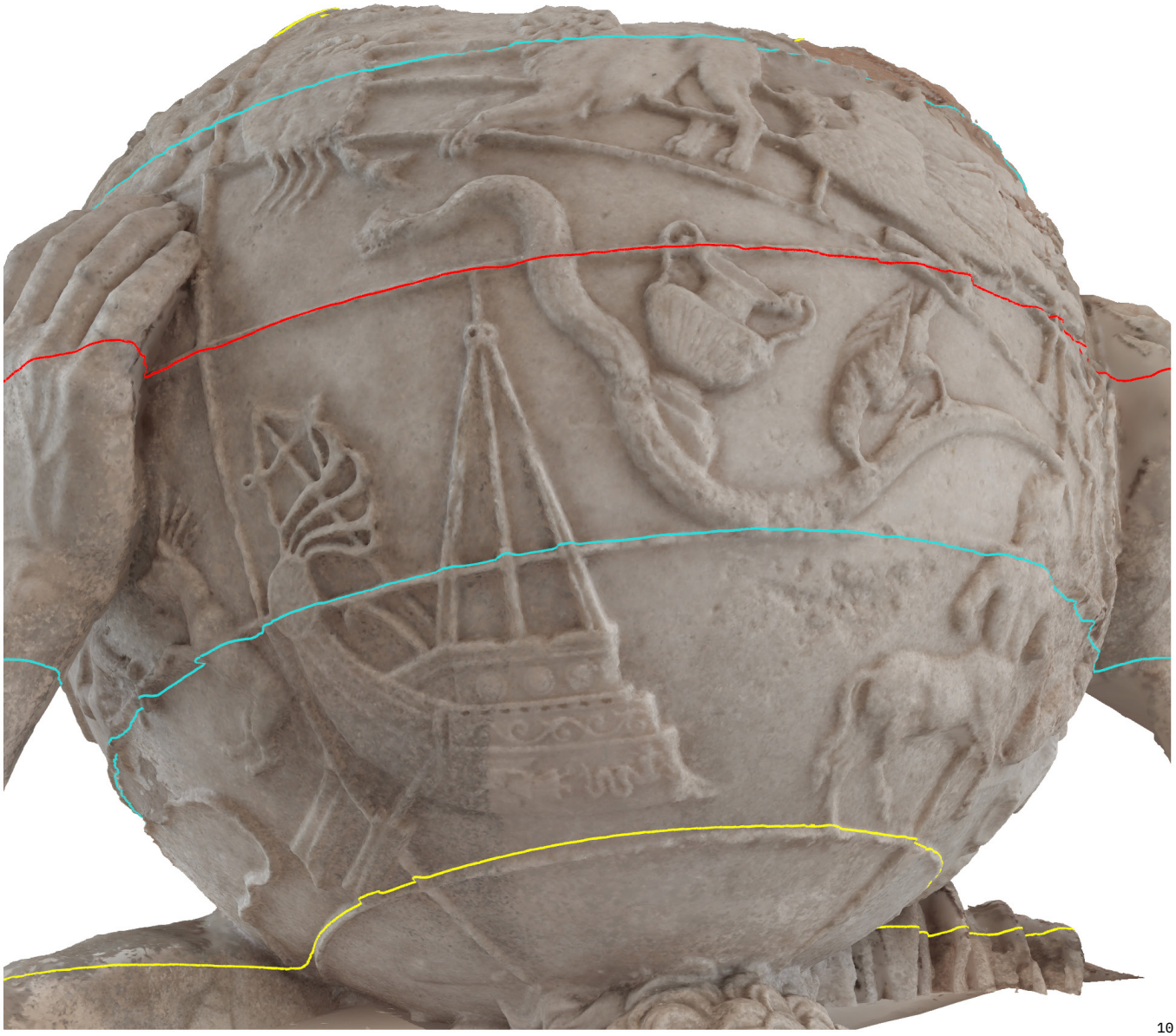
9.

perfetta), possiamo invece procedere analizzando le posizioni reciproche dei piani relativi alla stessa tipologia, per esempio i paralleli. Per questa ragione non è possibile confrontare i dati qui elaborati con quelli degli studi precedenti visto che il presupposto geometrico da cui si parte è differente. Ciò premesso, di seguito sono descritti gli esiti delle analisi.

Per prima cosa è stata misurata [figg. 9-10] l'inclinazione reciproca dei piani contenenti i tropici e i circoli artico ed antartico rispetto all'equatore celeste (che per definizione dovrebbero essere tutti paralleli tra loro)[4] e sono state ottenute le misure indicate in tabella 1. Queste prime misure angolari, diverse da zero, ci attestano già alcune approssimazioni geometriche realizzate dallo scultore in fase esecutiva.[5] Ricordando, come già scritto, che 1° corrisponde a 0,56 cm sul diametro massimo, l'errore dovuto al mancato parallelismo sul tropico del capricorno è di circa 3 mm, mentre per i circoli polari (in realtà di difficile lettura per la loro conformazione e posizione) è di circa 1,5 cm.

Il secondo gruppo di cerchi astronomici considerati è composto dai coluri equinoziale e solstiziale, cioè dai due meridiani massimi passanti per i poli celesti e, rispettivamente, per i punti equinoziali e solstiziali. Già dai primi tentativi di tracciamento dei due piani contenenti i due coluri appare chiaro che si tratta di curve gobbe. Per questa ragione, per avvicinarsi maggiormente alla loro morfologia, si è ritenuto opportuno suddividere entrambi i coluri in due semicerchi verticali (anteriore e posteriore) attraverso due diversi semipiani. Si è successivamente misurato l'angolo tra questi e il piano equatoriale ed è stato possibile verificare che non sono ortogonali

10.
Dettaglio delle curve generate dalle operazioni descritte nella figura alla pagina precedente (in rosso l'equatore celeste).



10.

[fig. 11], così come è possibile dedurre dai valori raccolti nella tabella 2. Il medesimo ragionamento geometrico (due semipiani e loro intersezione con l'equatore celeste) può essere condotto sul coluro solstiziale [fig. 12], ottenendo così la tabella 3. Per entrambe le coppie di semipiani il valore dell'angolo compreso è superiore ai 5°.
Queste misure angolari rendono evidente l'esistenza di 4 semipiani meridiani le cui intersezioni, a coppie, generano due rette sghembe. Per questo motivo non è possibile individuare in modo rigoroso l'asse celeste del sistema e, dunque, la sua intersezione con l'equatore che costituisce il centro geometrico della sfera. Anche per la fascia zodiacale, rappresentata dal cerchio dell'eclittica e dai suoi due bordi superiore e inferiore, è possibile applicare i medesimi ragionamenti geometrici. In questo caso si ripete la situazione dei coluri (molto meno pronunciata) e ci troviamo dunque nella necessità di suddividere in due parti i cerchi astronomici: parte anteriore e parte posteriore, per poter aderire con più fedeltà all'andamento del profilo. Sono stati dunque tracciati sei piani: eclittica (anteriore 1a e posteriore 1b), bordo superiore (anteriore 2a e posteriore 2b), bordo inferiore (anteriore 3a e posteriore 3b) le cui angolazioni reciproche sono descritte nella tabella 4 [fig. 13]. Il valore angolare dell'inclinazione del piano dell'eclittica rispetto al piano equatoriale è di 24,34° per il semipiano anteriore. Se consideriamo l'intersezione di questi due piani (eclittica ed equatore) con il coluro solstiziale anteriore (Cancro), si ottengono due rette complanari il cui angolo compreso misura 24,07°, dato che si avvicina più adeguatamente al valore proposto da Tolomeo (23,18°) rispetto alle precedenti

piano di riferimento	piano confrontato	angolo tra i piani in gradi decimali
equatore	circolo artico	3,112°
equatore	tropico Cancro	0,312°
equatore	-	0,000°
equatore	tropico Capricorno	0,563°
equatore	circolo antartico	2,479°

Tabella 1 .
Le misure sono state prodotte attraverso il confronto tra l'ortogonale all'equatore e le ortogonali ai quattro piani presi in considerazione (seconda colonna).

coluro equinoziale		Angoli tra i piani in gradi decimali	
piano di riferimento	piano confrontato	direzione 1 del piano	differenza rispetto ai 90°
equatore	coluro equinoziale anteriore	92,00°	+2,00°
equatore	coluro equinoziale posteriore	86,59°	-3,41°
coluro equinoziale anteriore	coluro equinoziale posteriore	5,51°	

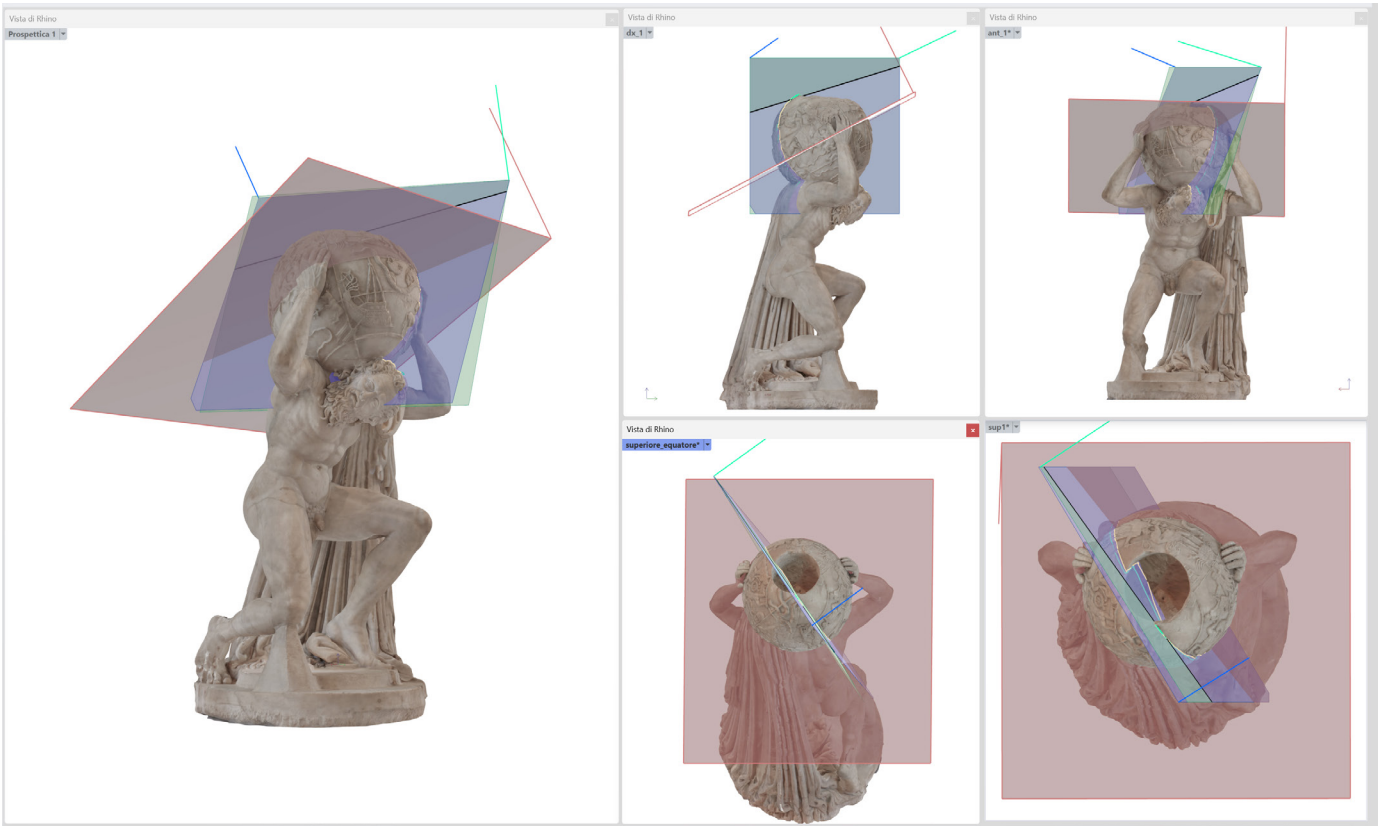
Tabella 2.
Misure degli angoli tra l'equatore e i due semipiani contenenti i semicerchi del coluro equinoziale. L'ultima riga riporta la misura dell'angolo tra i due semipiani meridiani equinoziali.

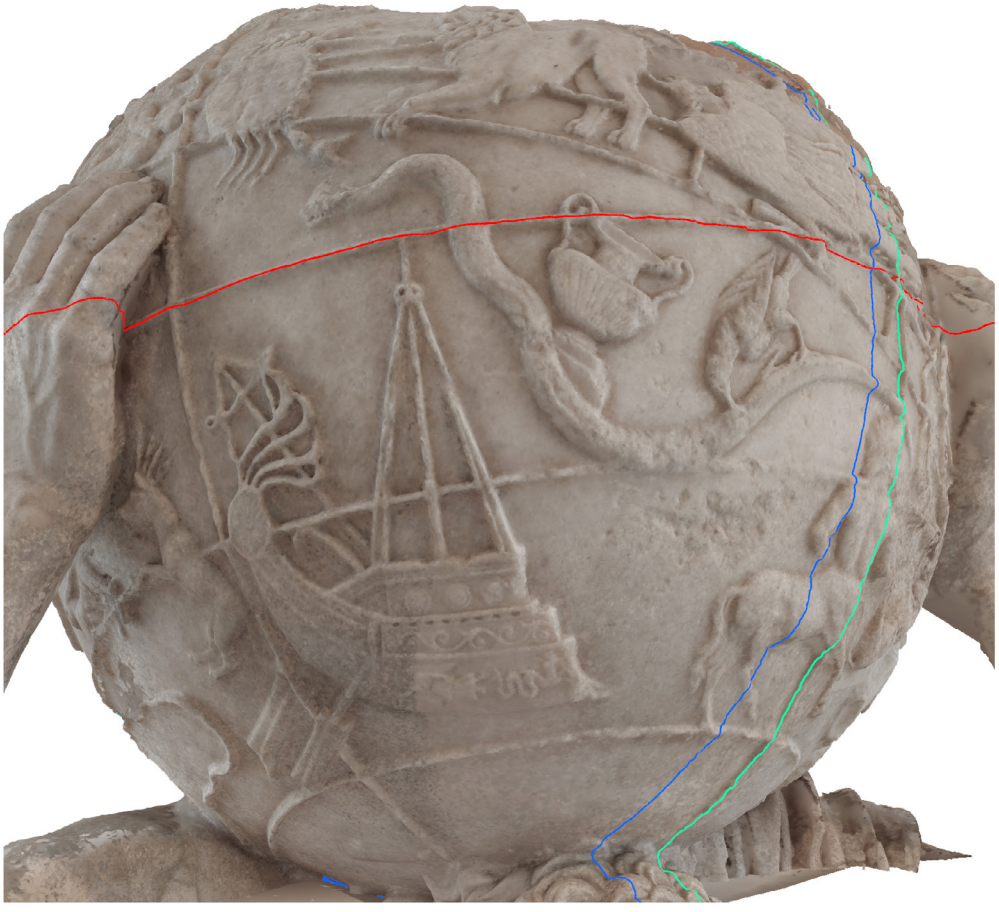
coluro solstiziale		angoli tra i piani in gradi decimali	
piano di riferimento	piano confrontato	direzione 1 del piano	differenza rispetto ai 90°
equatore	coluro solstiziale anteriore	91,93°	1,93°
equatore	coluro solstiziale posteriore	86,61°	-3,39°
coluro solstiziale anteriore	coluro solstiziale posteriore	6,123°	

Tabella 3.
Misure degli angoli tra l'equatore e i due semipiani contenenti i semicerchi del coluro solstiziale. L'ultima riga riporta la misura dell'angolo tra i due semipiani verticali identificati per il coluro solstiziale.

piani eclittica 1a/1b 2a/2b 3a/3b		
piano di riferimento	piano confrontato	angoli tra i piani in gradi decimali
1a centro anteriore	1b centro posteriore	1,571°
2a alto anteriore	2b alto posteriore	0,153°
3a basso anteriore	3b basso posteriore	1,039°
equatore	eclittica (piano 1a)	24,34°
equatore	eclittica (piano 2a)	24,77°
equatore	eclittica (piano 3a)	25,18°

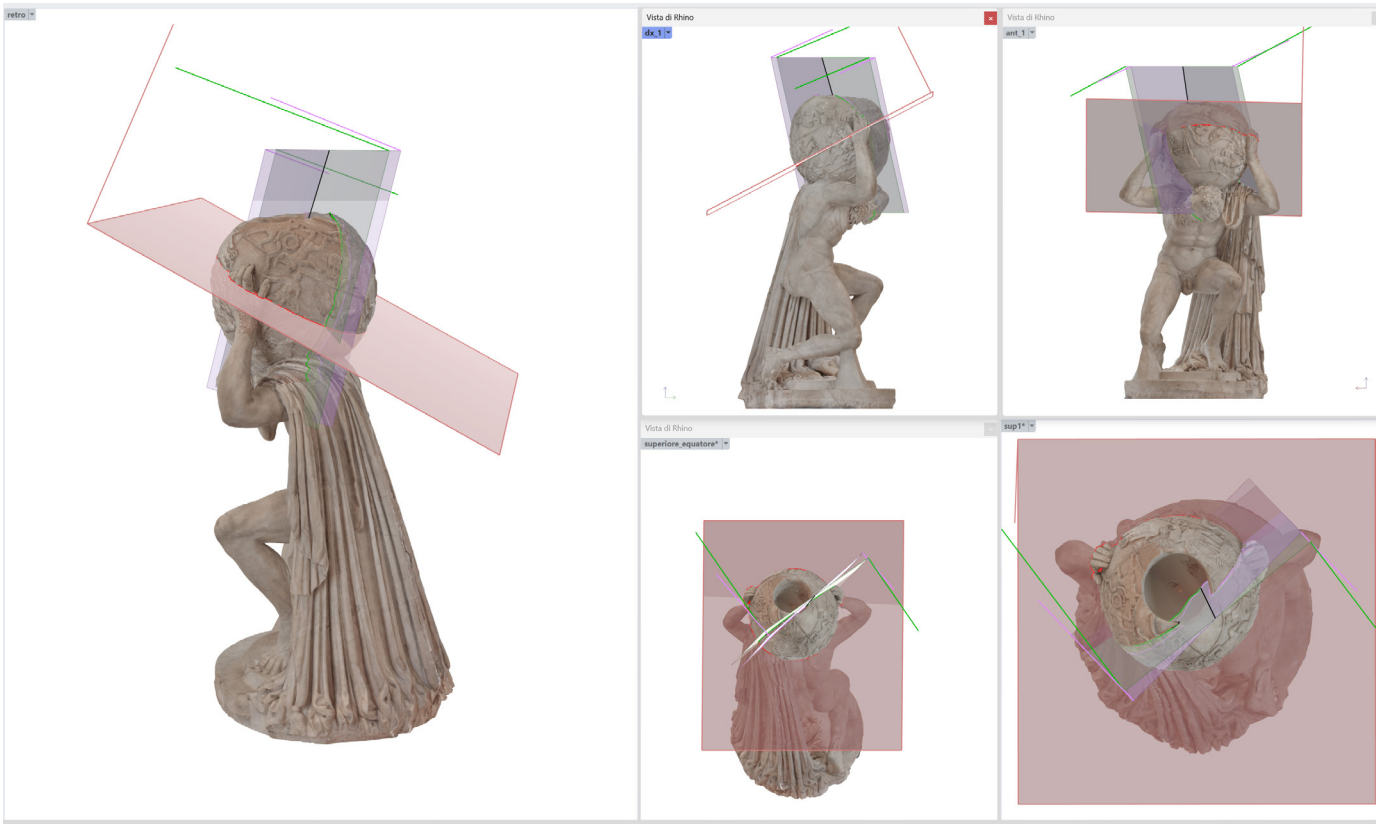
Tabella 4.
Misure degli angoli dei sei semipiani dell'eclittica (anteriori e posteriori). Le ultime tre righe riportano gli angoli tra l'equatore e i tre semipiani anteriori.

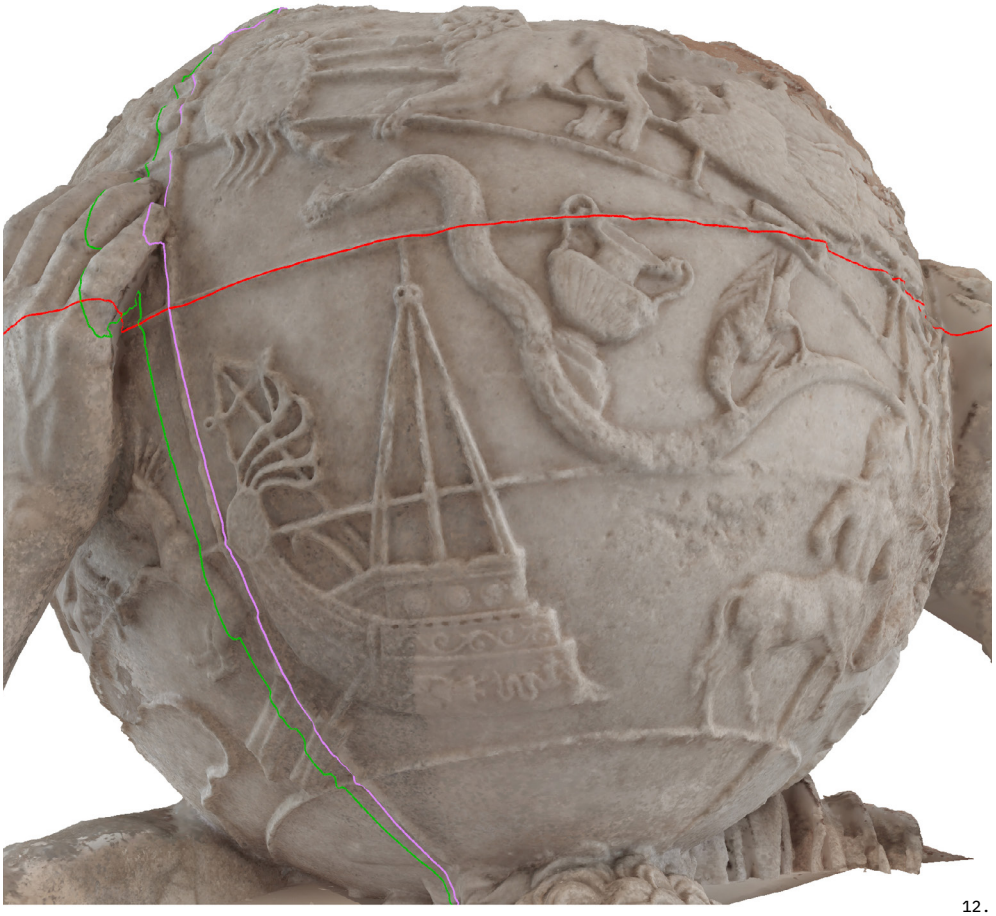




11.

11.
Nella parte alta della figura è l'intersezione dei piani contenenti i semicerchi del coluro equinoziale con la mesh. L'intersezione tra i piani è la linea di colore nero. A sinistra il dettaglio delle curve del coluro equinoziale, in blu e verde.

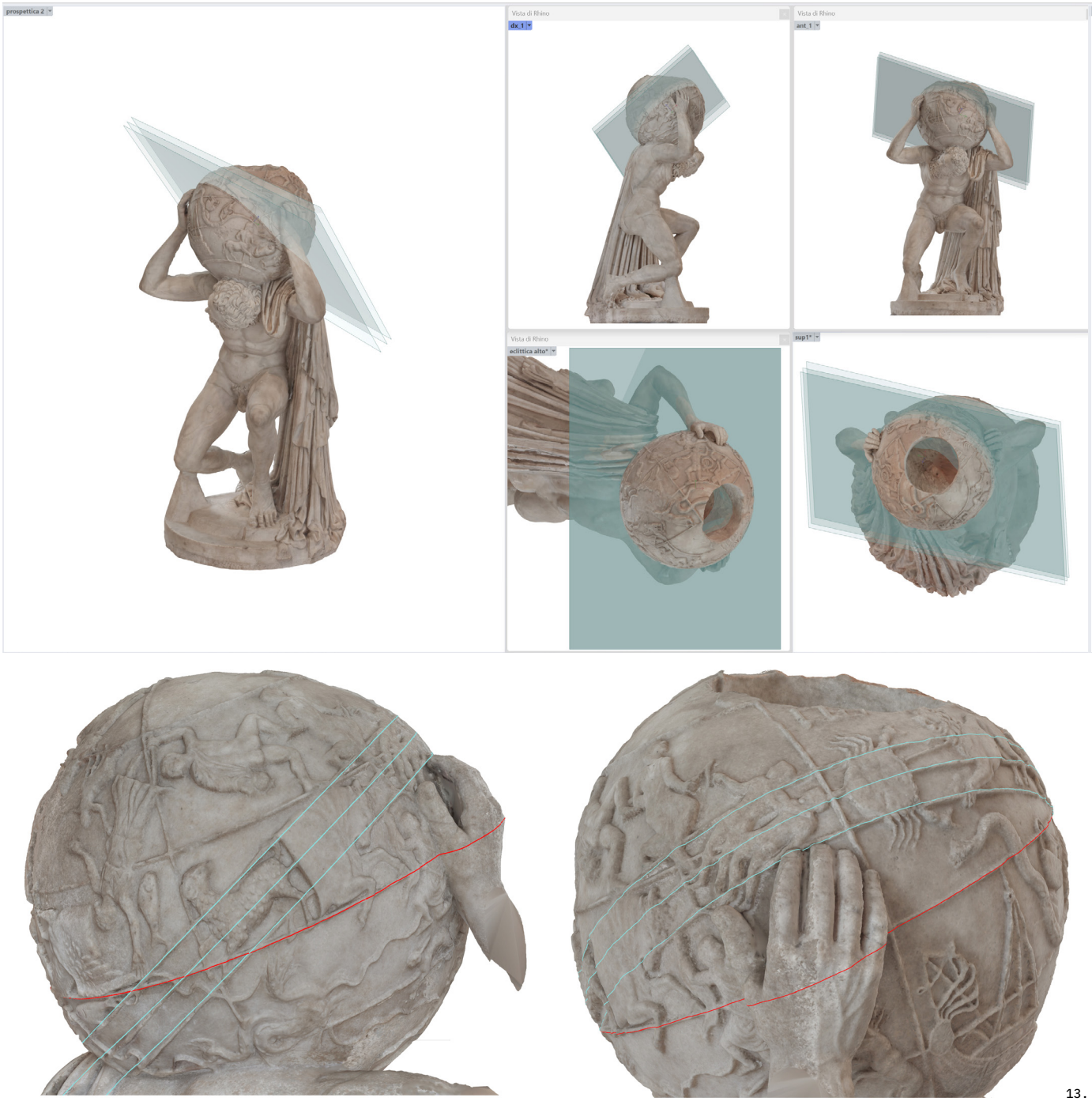




12.
Nella parte alta della figura l'intersezione dei due piani contenenti i semicerchi del coluro solstiziale con la mesh. L'intersezione tra i piani è la linea di colore nero. In basso il dettaglio delle curve del coluro solstiziale, in rosa e verde.

letture. L'intersezione tra le due rette restituisce tuttavia un punto molto distante dall'ipotetico centro della sfera teorica, visto che l'equatore e il coluro considerato non sono ortogonali tra di loro. Da un punto di vista geometrico gli angoli tra due piani sono quelli formati da due rette ortogonali agli stessi, quindi il valore di 23,34° è quello è più corretto per definire l'inclinazione reciproca. Il valore dell'obliquità dell'eclittica proposto da Vladimiro Valerio (25,18°) appare probabilmente diverso perché, come è stato mostrato dalla misura sul piano del coluro, le seppur minime inclinazioni reciproche generano intersezioni diverse e, dunque, angolazioni diverse.

Dall'intersezione reciproca dei tre piani notevoli – equatore, eclittica e coluro – è possibile infine ricavare l'ascensione retta che nel caso del punto γ dell'Ariete misura 3,73°, mentre per il punto Ω ammonta a 2,05°. La misura di questi due angoli tuttavia comporta un livello di arbitrarietà più alto del solito visto che, proprio in prossimità del suddetto punto la curvatura dei cerchi si accentua (quindi dando luogo curve gobbe), forse per ampliare proprio la visibilità sul globo di questi importanti elementi.[6]



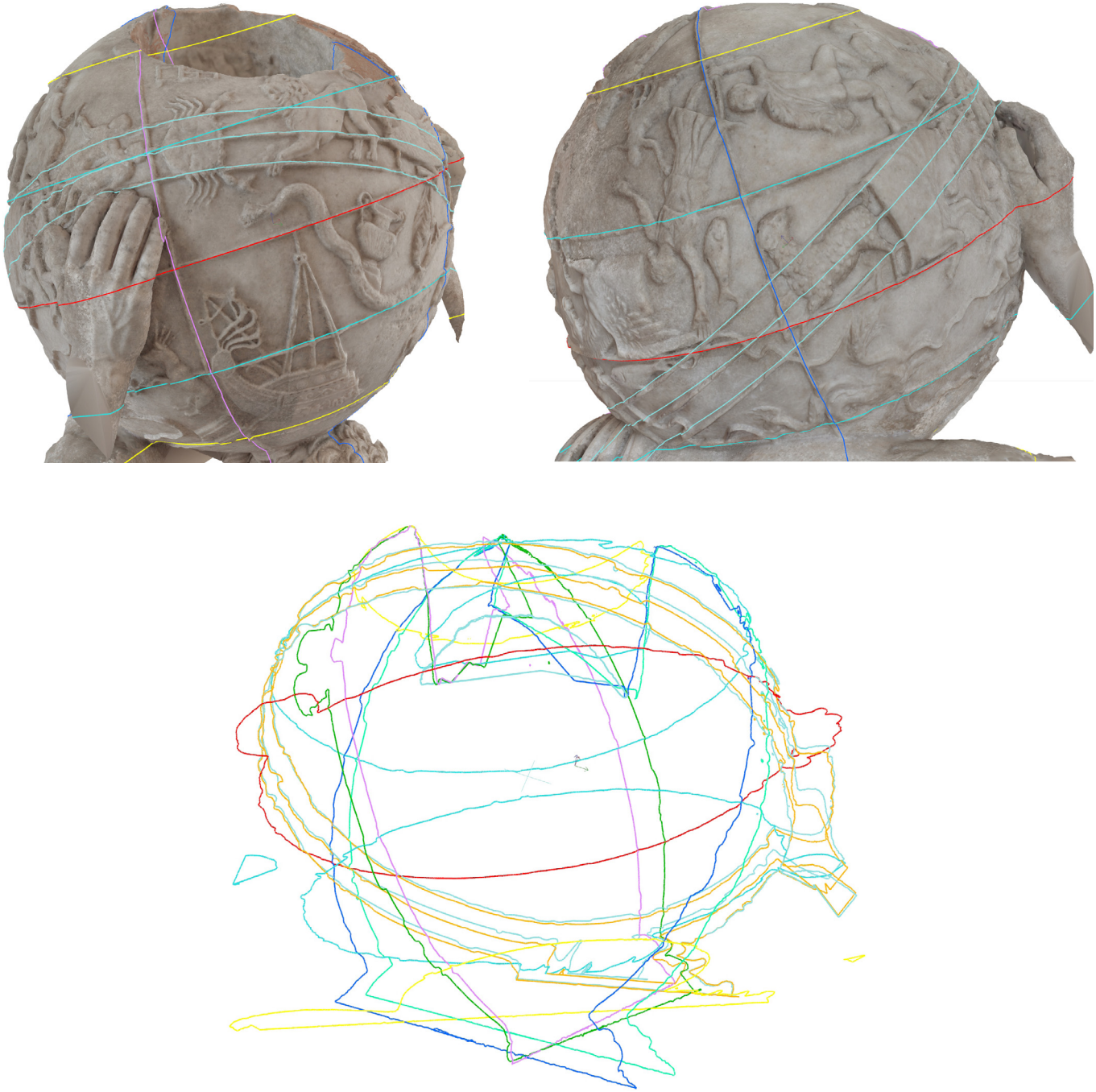
13.

13.
Nella parte alta della figura l'intersezione dei soli tre piani anteriori della tabella 4 (1a, 2a e 3a) relativi alla fascia dell'eclittica. In basso, per agevolare la leggibilità, il dettaglio delle sole tre curve anteriori.

Per i motivi geometrici sopra descritti appare chiaro che non è possibile individuare rigorosamente la sfera che meglio si avvicina al globo mediante il suo centro. Per via approssimata è stata comunque disegnata una sfera teorica [fig.15a] attigua alla superficie reale (cercando di escludere quindi gli elementi in rilievo) che è stata poi confrontata con la mesh del modello. A partire da questa e dall'analisi dei profili ottenuti dai piani passanti per i cerchi massimi è possibile individuare delle deformazioni più o meno pronunciate. È il caso dello schiacciamento sulla sommità del globo, ma anche delle alterazioni minime in corrispondenza delle mani dell'Atlante. Tali condizioni emergono abbastanza chiaramente dall'analisi della deviazione dei punti graficizzata nella figura 15b.

Il modello ci consente infine di estrarre nuove informazioni relative al volume e, di conseguenza, al possibile peso proprio dell'opera quantificabile in circa 1,3 tonnellate visto che il volume dell'intera statua misura 0,473 m^3. Il globo ha invece un volume di circa 0,192 m^3 cui corrispondono dunque 349 kg di peso circa.[7]

14.
Nella parte alta della figura la sintesi degli elementi geometrici della sfera ottenuti dall'intersezione della mesh con i piani astronomici notevoli. A sinistra tutti i profili senza texture: si noti l'irregolarità dovuta alla presenza delle figure astrali.



14.

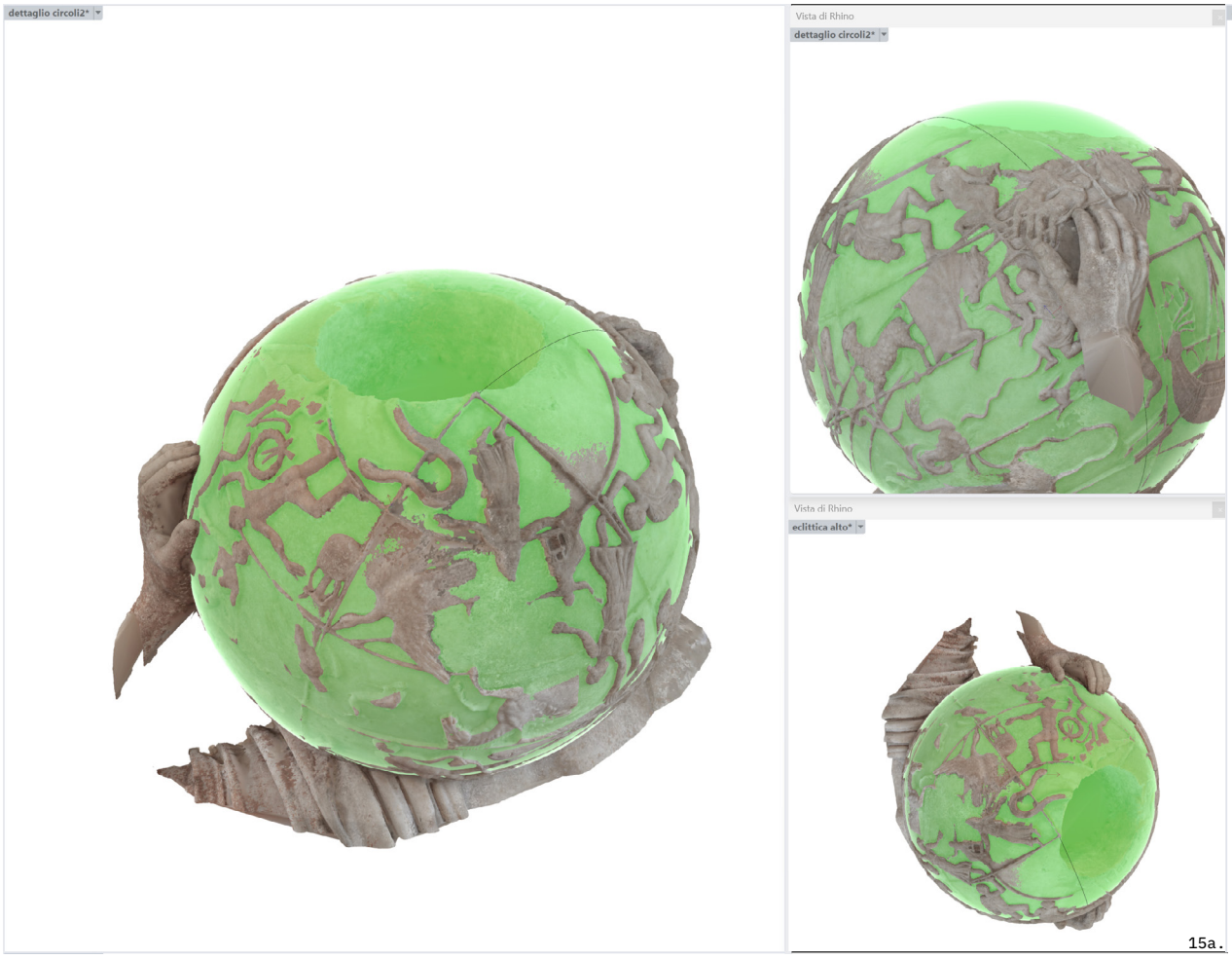
Conclusioni

In chiusura è possibile affermare che le odierne tecniche digitali di rilievo fotogrammetrico hanno fornito un modello 3D texturizzato di elevata qualità e maggiore precisione rispetto ad altri precedenti rilievi diretti effettuati con strumenti tradizionali. Il rilievo fotogrammetrico ci ha permesso di ottenere un modello 3D esplorabile, sezionabile e misurabile per valutare le geometrie delle sue parti maggiormente inaccessibili. Il modello ha inoltre evidenziato che la scultura ha delle irregolarità geometriche nel tracciamento dei circoli astronomici probabilmente connesse alla tecnica di realizzazione visto che molte curve non sono continue ma hanno interruzioni dovute alle figure astrali [fig. 16], alle mani o alla testa dell'Atlante. Recuperare, con buona approssimazione, il rigore della curvatura sferica in prossimità di questi elementi di occlusione appare indubbiamente un virtuosismo da parte dell'artefice. L'appartenenza a semipiani diversi di alcune semicirconferenze notevoli ci consente di ipotizzare due diverse fasi di tracciamento riconducibili alle operazioni geometriche probabilmente attuate con l'aiuto di fili a piombo e corde. Mentre le distanze angolari, una volta realizzata la sfera grezza, sono facilmente misurabili con un compasso, il tracciamento dei piani richiede invece ragionamenti geometrici più complessi che possono aver portato alle anomalie sopra evidenziate.

Appare dunque evidente che questa scultura non può essere oggetto di analisi come si farebbe per uno strumento astronomico, e per questo motivo non è dunque possibile ipotizzare in maniera verosimile e dalle sole corrispondenze astronomiche quali cataloghi stellari siano stati utilizzati per la sua costruzione.

Crediti e ringraziamenti

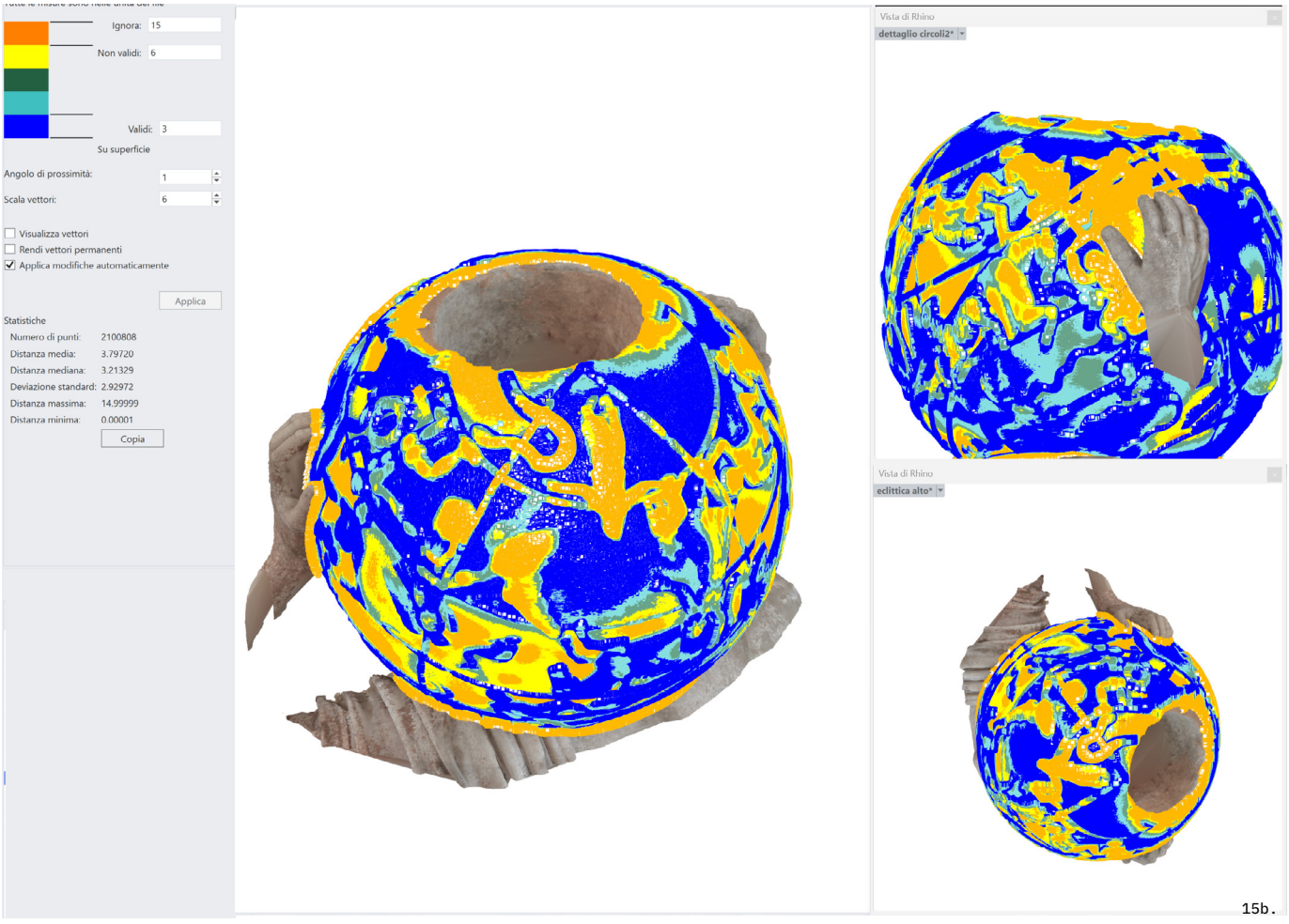
Benché il testo sia il frutto del lavoro congiunto degli autori, i paragrafi sono così attribuiti: "L'Atlante Farnese", "Il globo celeste", "Il problema della datazione astronomica del globo" e "L'accuratezza delle misurazioni astronomiche" a Fabrizio Bònoli; testo e immagini del paragrafo "Il rilievo strumentale e le prime considerazioni" ad Alessandra Pagliano; testo e immagini del paragrafo "L'analisi del modello" a Manuela Incerti. Si ringrazia il Direttore del MANN Paolo Giulierini.



15a.
La sfera teorica costruita per approssimazione.

Note

1. Il rilievo è stato realizzato all'interno delle attività di ricerca della convenzione *I Capolavori del Mann* finalizzata alla digitalizzazione e alla valorizzazione di 15 opere di valore straordinario appartenenti alla collezione permanente del museo napoletano, mediante la creazione di percorsi multimediali di visita personalizzati per fasce d'età. Le operazioni di rilievo sono state condotte da Marco Lucignano e Laura Papa, che qui ringraziamo.
2. Queste tecniche di analisi dei modelli mesh sono state adottate in precedenti lavori degli autori tra cui (Incerti 2022a; Incerti 2022b; Pagliano 2022).
3. I piani sono stati inseriti attraverso la selezione di tre punti appartenenti alla mesh. Data la tipologia di operazione (non automatica ma manuale) sono stati fatti diversi tentativi al fine di scegliere il piano che si approssima meglio all'andamento dei cerchi.
4. Visto che la scelta dei punti è data dall'operatore, è stato valutato che il range di errore (media dei valori generati dai vari tentativi) è inferiore a 0,1°, cioè 6' che corrispondono a 0,12 cm.
5. Tale condizione geometrica era già stata evidenziata da Valerio (1987, p. 105), tuttavia come è stato sopra ricordato, i dati non sono confrontabili in ragione dei presupposti geometrici e delle tecniche di misura (angoli tra piani e non lunghezze).
6. Nel caso di questi piani, viste le anomalie delle linee in prossimità dei punti γ e Ω, si è provato a imporre una traslazione localmente (non mutando cioè le angolazioni reciproche). La conseguenza di tale operazione è che il valore dell'ascensione retta può solo diminuire e questa variazione è minore di quanto descritto nelle precedenti ricerche (le differenze devono essere ricondotte alle diverse procedure e metodi utilizzati).
7. Per compiere questa analisi la mesh è stata tagliata con una sfera prossima alla forma del globo.
8. Molto suggestivo, anche se lontanissimo nel tempo, appare il breve trattato dell'Alberti sulla scultura, il *De Statua* (ca. 1464). In quest'opera viene descritto uno strumento chiamato *definitor* composto da un disco circolare graduato rotante e un filo a piombo che pende da questo (p. 122ter dell'edizione del 1804). La posizione dei punti nello spazio era dunque determinata attraverso coordinate polari e l'altezza. La presenza del grosso foro sulla sommità del globo potrebbe forse essere riconducibile anche alla necessità di fissare uno strumento di misura, oltre che per alleggerirne il peso.



15b.

15b. Analisi delle deviazioni tra la sfera teorica e la mesh del globo. Si notino in arancione le parti che si discostano maggiormente dalla geometria scelta perché corrispondenti alle figure in aggetto (più di 15 mm) oppure rientranti (bordo foro superiore). In alto a sinistra i parametri impostati.

16.
Atlante Farnese:
dettaglio del punto γ.

Bibliografia

Aldrovandi U. (1550). Delle statue antiche, che per tutta Roma, in diversi luoghi et case si veggono. In Mauro L. (1556). *Le antichità de la città di Roma. Brevissimamente raccolte da chiunque ne ha scritto, o antico o moderno…* Venetia: Ziletti, pp. 115-316.

Bentley R. (1739). *M. Manilius Astronomicon ex recensione et cum notis...* London: H Woodfall.

Bònoli F., Marcacci F. (2019). Vincenzo Coronelli: descrittore o studioso del Cosmo? In *Il Santo*, vol. 59, n. 1-2, pp. 45-62.

Cassini A. (2003). *Gio: Domenico Cassini. Uno scienziato del Seicento.* Comune di Perinaldo.

Coppa A. (s.d.). Atlante Farnese. In *Sussidi del MANN · Collezione Farnese*. <https://mann-napoli.it/wp-content/uploads/2022/04/11.-Atlante-Farnese.pdf> (consultato il 5 maggio 2023).

Dekker E. (2013). *Illustrating the Phaenomena: Celestial Cartography in Antiquity and the Middle Ages*. Oxford: Oxford University Press.

Duke D.W. (2002). Associations between the Ancient Star Catalogues. In *Archive for History of Exact Sciences*, vol. 56, n. 5, pp. 435-450.

Duke D.W. (2006). Analysis of the Farnese Globe. In *Journal for the History of Astronomy*, vol. 37, part 1, n. 126, pp. 87-100.

Fiorini M. (1899). *Sfere terrestri e celesti di autore italiano oppure fatte o conservate in Italia*, Roma: Società Geografica Italiana.

Gysembergh V., Williams P.J., Zingg E. (2022). New evidence for Hipparchus' Star Catalogue revealed by multispectral imaging. In *Journal for the History of Astronomy*, vol. 53(4), pp. 383-393.

Giulierini P (2022). *Stupor mundi*. Milano: Rizzoli.

Incerti M. (2022a). Dal rilievo all'analisi di superfici complesse: il caso della pseudo-cupola di Galla Placidia. In *Archeologia e Calcolatori*, n. 33 (1), pp. 55–72. https://doi.org/10.19282/ac.33.1.2022.00

Incerti M. (2022b). La proiezione centrale come sistema di tracciamento sulle pseudo-cupole del V secolo/The central projection as a tracing system on the fifth century pseudo-domes. In Battini C., Bistagnino E. (a cura di). *Dialoghi. Visioni e visualità. Testimoniare Comunicare Sperimentare. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Dialogues. Visions and visuality. Witnessing Communicating Experimenting. Proceedings of the 43rd International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 700-719.

Lippincott K. (2011). A Chapter in the Nachleben of the Farnese Atlas: Martin Folkes's Globe. In *Journal of the Warburg and Courtauld Institutes*, vol. 74, n. 1, pp. 281-299.

Lippincott K. (2016). Reflections on the Farnese Atlas: Exploring the Scientific, Literary and Pictorial Antecedents of the Constellations on a Graeco-Roman Globe. In Gunzburg D. (a cura di). *The Imagined Sky. Cultural Perspectives,* pp. 55-86. Sheffield: Equinox Publishing.

Lippincott K. (2017). The early reception of the Farnese Atlas: an addendum to Bober & Rubinstein's Renaissance Artists and Antique Sculpture. In: *Schifanoia*, n. 52/53, pp. 227-238.

Farnese Atlas Celestial Globe. Proposed Astronomical Origins (2005). In *DIO. The International Journal of Scientific History*. <www.dioi.org/ggg.htm>. [06/2005, revisionato 16 settembre 2005, 24 ottobre 2010] (consultato il 5 maggio 2023).

Heis E. (1872). *Atlas coelestis novus. Stellae per mediam Europam solis oculis conspicuae secundum vers lucis magnitudines e coelo ipso descriptae*, Coloniae: ad Rhenum, Impensis M. Dumont-Schanberg.

Manitius K. (1894). *Hipparchi in Arati et Eudoxi phaenomena commentariorum libri tres*, Lipsia: Teubner.

Paci E. (1913). Alcuni scandagli sulla esattezza del catalogo di 1022 stelle contenuto nella Sintassi Matematica di Tolomeo e riferito al primo anno del regno dell'imperatore Antonino Pio. In *Pubblicazioni del Reale Osservatorio di Palermo. Memorie*, n. 31.

Pagliano A. (2022). *Le ore del sole. Geometria e astronomia negli antichi orologi solari romani*. Napoli: Editori Paparo.

Schaefer B. (2005). The Epoch of the Constellations on the Farnese Atlas and their Origin in Hipparchus's Lost Catalogue. In *Journal for the History of Astronomy*, vol. 36, part 2, n. 123, pp. 167-196.

Tabarroni G. (1956a). Globi celesti sulle monete romane. In *Coelum*, 24, n. 1-2, pp. 7-17.

Tabarroni G. (1956b). La posizione degli equinozi sulla sfera dell'Atlante farnese. In *Coelum*, 24, n. 11-12, pp. 169-174.

Tabarroni G. (1973). La datazione dell'Atlante Farnese in uno studio critico del XVII secolo. In *Numismatica e antichità classiche*, n. 2, pp. 205-223.

Thiele G. (1898). *Antike Himmelsbilder, mit Forschungen zu Hipparchos, Aratos und seinen Fortsetzern und Beiträge zur Kunstgeschichte des Sternhimmels*. Berlin: Weidmannsche Buchhandlung, pp. 19-42.

Tinazzi M. (2005). Le ricerche di Francesco Bianchini sul globo (Atlante) Farnesiano. In *Società Italiana di Archeoastronomia - V Congresso di Archeoastronomia, Astronomia antica e culturale e Astronomia storica*, Osservatorio Astronomico di Brera 23 - 24 settembre 2005, pp. 69-86.

Valerio V. (1987). Historiographic and Numerical Notes on the Atlante Farnese and its Celestial Sphere. In *Der Globusfreund*, n. 35-37, pp. 97-126.

Valerio V. (2005). L'Atlante Farnese e la rappresentazione delle costellazioni. In Lo Sardo E. (a cura di). *Eureka! Il genio degli antichi*, pp. 233-239. Napoli: Electa.

Zucker A. (2010). Variabilité des images de constellations et fonction des images dans l'astronomie grecque : Eratosthène, Hipparque, Ptolémée. In Stoppa F. (s.d.). *Atlas Coelestis*. <www.atlascoelestis.com/Zucker base i.htm>. (consultato il 5 maggio 2023).

Meridiana storica "a cappello", Convento di *La Baumette* (1884, Maine-et-Loire, Francia). (Fotografia degli autori)

Studio gnomonico delle meridiane. Il cappello filtrante dell'ex convento di *La Baumette* ad Angers

Abstract

Lo studio indaga su un insolito e poco studiato esemplare di orologio solare, unico nel suo genere, che ha come quadrante una superficie cilindrica con gnomone 'a cornice'. In particolare, si descrivono le proprietà e i caratteri tipologici perculiari di un particolare caso studio, l'insieme gnomonico conservato nell'antico Convento francescano di La Baumette, vicino alla Città di Angers (1884, Maine-et-Loire, Francia). Le costruzioni geometriche elaborate e la catalogazione di esempi inediti esistenti implementano un archivio documentale per i cultori di gnomonica e per gli studiosi.

The study investigates an unusual and scarcely studied example of a Sundial, the only one of its kind, which has as its dial a cylindrical surface with a 'framed' gnomon. In particular, the characteristics and perculiar typological features of a particular case study are described, the gnomonic ensemble preserved in the former Franciscan Convent of La Baumette, near the City of Angers (1884, Maine-et-Loire, France). The elaborated geometric constructions and the cataloguing of existing unpublished examples implement a documentary archive for gnomonics enthusiasts and scholars.

Parole chiave

Meridiane
Cappello filtrante
Gnomone
Modello parametrico
La Baumette

Francesco Di Paola
Università degli Studi di Palermo
→ francesco.dipaola@unipa.it

Manuel Pizarro
Instituto Pirenaico de Ecología. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
→ m.pizarro@csic.es

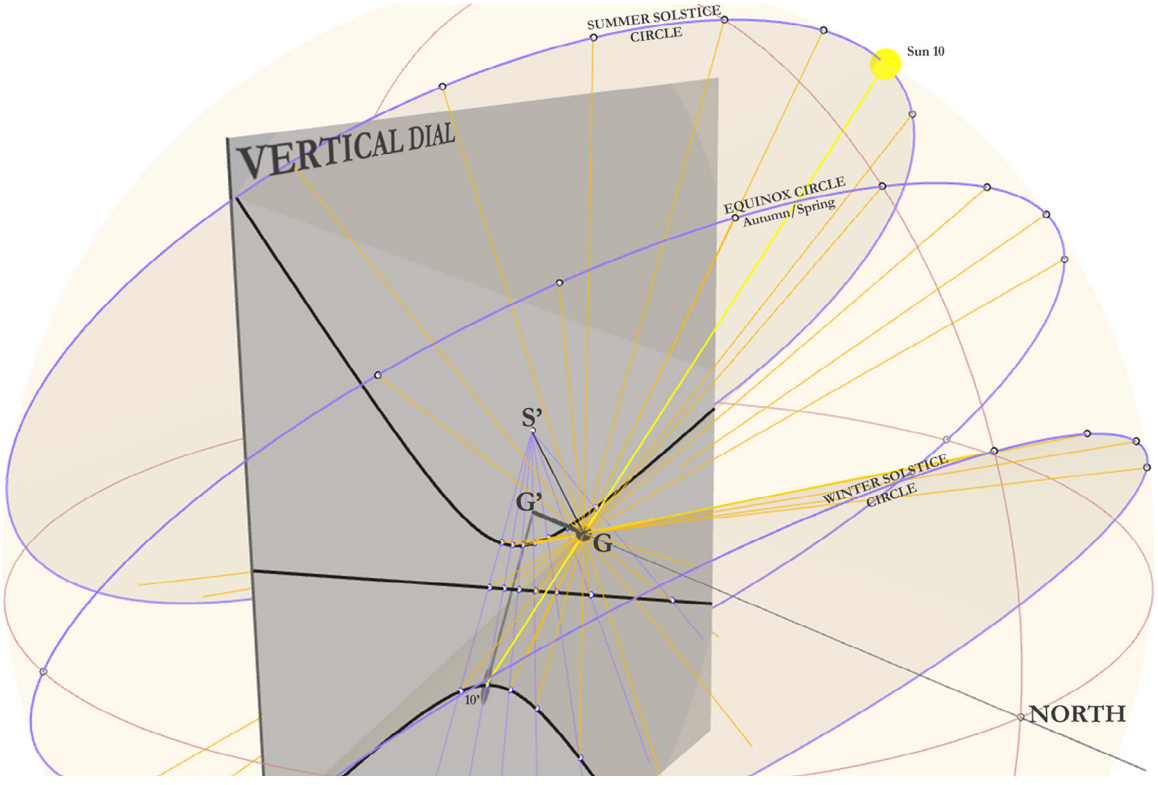
Introduzione

Si presentano i risultati di una ricerca multidisciplinare che approfondisce alcuni aspetti riguardanti la trattazione della misura del tempo che, fin dai tempi antichi, ha assunto carattere di grande interesse, anche nelle applicazioni dei metodi della Scienza della Rappresentazione. L'evoluzione della progettazione di orologi solari, dispositivi atti alla rappresentazione grafica sulla terra del moto apparente del Sole orbitante sulla volta celeste, è testimonianza, nel corso dei secoli, dei diversi approcci culturali che tracciano momenti salienti del pensiero geometico/matematico. L'intramontabile desiderio di comprendere, controllare e misurare i regolari fenomeni luminosi diurni e annuali ha permesso di impostare, nel tempo, modelli geocentrici teorici in grado di regolare e schematizzare con buona approssimazione la lettura del complesso sistema reale celeste (Ronca 1976).

L'analisi delle traiettorie del moto apparente del Sole e la trasposizione grafica su superfici di qualsiasi natura geometrica delle ombre portate delle diverse posizioni dell'astro per mezzo di uno 'gnomone', implicano approfondimenti di geometria proiettiva, di processi di determinazione di sezioni e intersezioni di superfici rigate e della teoria delle ombre secondo i metodi della geometria descrittiva (Pagliano 2012, pp. 71-88; Savoie 2001; Perrucci 2014).

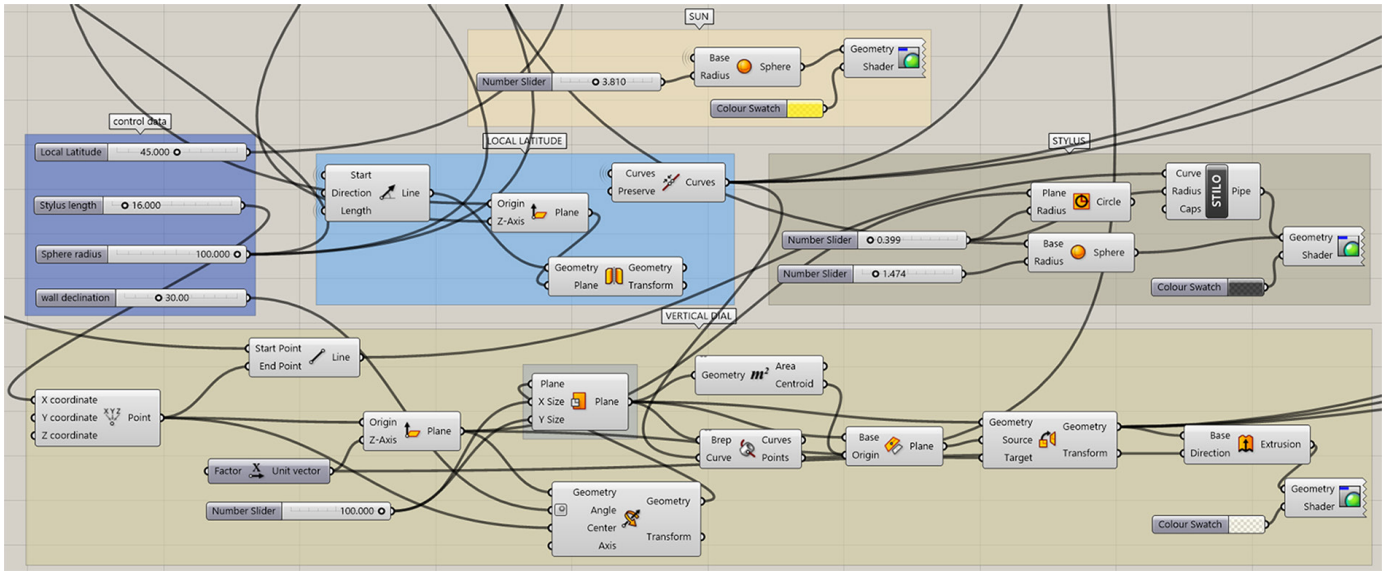
Lo studio, inizialmente, ripercorre le note convenzioni condivise e avvalorate dalla trattatistica gnomonica, sintetizzando un modello digitale grafico-geometrico parametrico che permette di descrivere e controllare l'impostazione geometrico-spaziale del Sistema Sole/quadrante (Fantoni, 1988, Schaldach, 2021). Successivamente, tra le categorie di orologi solari conosciuti, lo studio approfondisce la specifica tipologia che ha come quadrante la superficie rigata cilindrica, descrivendone le proprietà e i caratteri perculiari. Esistono diversi esempi portatili e monumentali della tipologia a quadrante cilindrico, ma la ricerca indaga su un insolito e poco studiato esemplare unico nel suo genere, battezzato, gnomone a cappello filtrante".

In Europa è raro trovare questi quadranti, fatta eccezione per la Francia che è il Paese con il maggior numero di esemplari, ma si conservano interessanti testimonianze anche in Italia, Germania e Spagna. La ricerca già avviata si prefigge di catalogare e descrivere la tipologia e lo stato di conservazione di orologi solari, in generale, meglio definiti 'a cornice' (Savoie, 1998, pp. 38-43) di cui si conosce l'ubicazione, in modo da implementare nel tempo un archivio documentale di interesse per i cultori di gnomonica e per gli studiosi. Fino ad ora, sono stati documentati 12 esempi, 5 costruiti tra il XVII e il XIX secolo (tra cui la storica meridiana di Pingré a Parigi) e 8 costruiti a partire dal XX secolo (1 scomparso nella Torre Olimpica di Monaco). Si riportano indicazioni di riferimento per la divulgazione scientifica corredate da informazioni geografiche e gnomoniche secondo le note convenzioni. Il presente contributo



1.

1.
Schema geometrico parametrico della sfera celeste in relazione a un quadrante verticale declinante; identificazione delle linee del giorno: metodo dei coni di luce (schema degli autori).



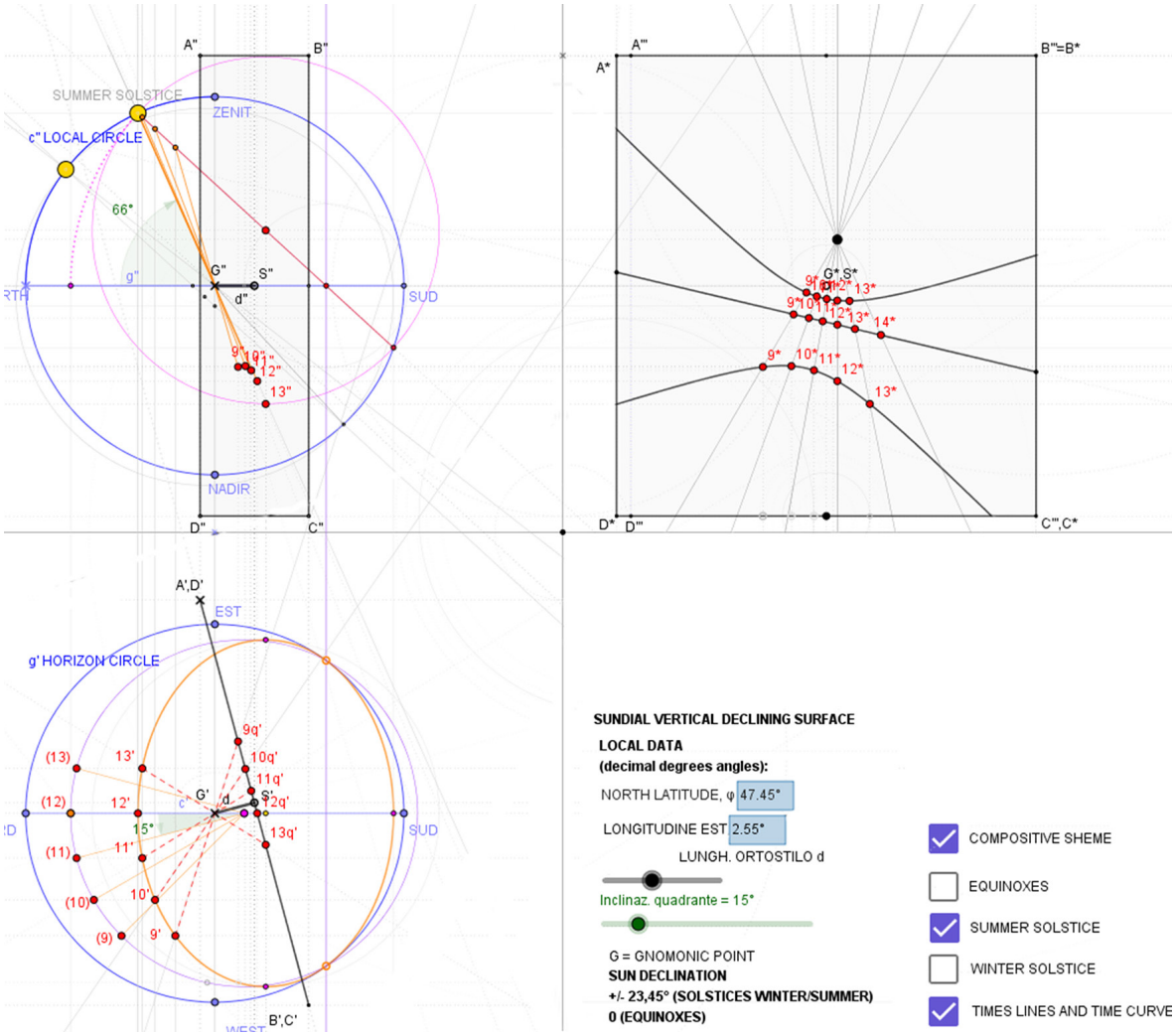
2.

descrive, in particolare, un interessante esempio di orologio solare 'a cappello filtrante' multi-gnomone conservato nell'antico Convento di La Baumette, vicino alla città di Angers (Maine-et-Loire, Francia).
Le costruzioni geometriche del funzionamento di un quadrante solare verticale declinante sono state elaborate seguendo i procedimenti dei metodi della Scienza della Rappresentazione, utilizzando il noto software *GeoGebra*, *open source* di geometria dinamica interattiva, con finalità didattico-formative. I modelli tridimensionali, le definizioni algoritmiche e le simulazioni sono stati elaborati all'interno del noto software di modellazione *NURBS Rhinoceros*, con l'implemento di plug-in, quali *Grasshopper* e *Ladybug*, permettendo di simulare il diagramma solare, gestire il flusso procedurale e di determinare diverse configurazioni spaziali in relazione ai parametri fissati.

Modello grafico-geometrico parametrico del Sistema volta celeste/quadrante

Per la costruzione di un quadrante solare e per misurare i fenomeni luminosi diurni e annuali, convenzionalmente, è possibile costruire un modello teorico per la lettura, l'analisi e la misurazione di tali manifestazioni. Per comprendere il funzionamento di un orologio solare, occorrono alcune precisazioni.
Si riportano, in sintesi, osservazioni e dati indispensabili per impostare il ragionamento geometrico, rimandando a testi scientifici per specifici approfondimenti sul tema (Docci et al. 2017).
La posizione reciproca della terra rispetto al Sole e la latitudine della località che si considera, sono conseguenza della variazione della lunghezza del giorno e della notte nel corso dell'anno. Per indicare la posizione della Terra rispetto al Sole nei diversi giorni dell'anno si usa un angolo detto declinazione solare, nel seguito δ, espresso in gradi sessagesimali decimali. Questo angolo è definito come l'angolo tra la retta che unisce la Terra al Sole e il piano equatoriale. Poniamo al centro della volta celeste, al posto della Terra, un osservatore G che si trovi in una determinata posizione geografica terrestre (latitudine, longitudine).
Questa impostazione riproduce la nostra esperienza quotidiana nell'osservare il cielo: il Sole nel suo moto apparente descrive traiettorie circolari tutte con la medesima giacitura, la cui inclinazione dipende dale coordinate geografiche del luogo (latitudine, longitudine) e la cui ampiezza dipende dal periodo dell'anno (Di Paola 2018) [fig. 1].
Per costruire un orologio solare occorrono i seguenti elementi:
- Il Sole, il motore di questa macchina.
- Il punto gnomonico costituito da uno stilo (definito: 'polare', se inclinato secondo l'asse di rotazione della terra; 'ortostilo', se disposto in direzione normale alla superficie del quadrante).
- Il quadrante, superficie piana curva, concava o convessa, regolare o irregolare, adatta a ricevere le ombre del punto gnomonico.
- Le linee orarie tracciate sulla superficie del quadrante.
Queste rette si determinano mediante sezioni del quadrante con i piani ai quali appartengono l'asse della volta celeste e le traiettorie circolari luoghi geometrici dei punti nei quali il Sole segna la medesima ora in diversi giorni dell'anno.
- Le linee diurne tracciate sulla superficie del quadrante che descrivono l'andamento dell'ombra durante uno specifico giorno dell'anno. La determinazione di queste curve coniche è data dalla sezione di coni luminosi, aventi vertice nell'estremità dello gnomone e direttrici circolari descritte dal moto apparente del Sole sulla volta celeste nei giorni dell'anno, con la superficie del quadrante (Migliari 2012).

2. Definizione dell'algoritmo che controlla lo schema grafico-geometrico del quadrante verticale declinante (schema degli autori).



3.
Costruzione geometrica dinamica di un quadrante verticale declinante in proiezioni ortogonali multiple (schema degli autori).

3.

Le principali linee diurne, nel caso più frequente di quadrante piano, sono:
1. la retta equinoziale, luogo geometrico dei punti d'ombra portata dallo gnomone sul quadrante, corrispondenti al percorso che il Sole compie nei giorni degli equinozi di primavera (21 marzo) e d'autunno (23 settembre); il valore δ è uguale a 0 quando, in tutte le località della terra, il giorno è lungo quanto la notte.
2. Le due curve coniche iperboli solstiziali, luoghi geometrici dei punti d'ombra portata dallo gnomone sul quadrante, corrispondenti ai percorsi che il Sole compie nei giorni del solstizio d'estate (21 giugno, ramo di iperbole con concavità verso il basso, valore dell'angolo δ, +23,5°) e del solstizio d'inverno (21 dicembre, ramo di iperbole con concavità verso l'alto, valore dell'angolo δ, -23,5°).
Basandosi su queste considerazioni di carattere generale, lo studio presenta la definizione di un modello tridimensionale parametrico utile agli approfondimenti e allo successive simulazioni descritte nello studio, che, mediante il controllo e la gestione di un algoritmo, permette di modificare le caratteristiche geometrico-spaziali (latitudine; longitudine; declinazione solare, δ; giacitura, dimensioni e tipologia del quadrante; lunghezza dello stilo; posizione del Sole nei vari giorni dell'anno e nelle diverse ore del giorno) [fig. 2].Il modello rappresenta la volta celeste con il suo equatore e i circoli principali diurni percorsi dal Sole, corrispondenti a particolari giorni dell'arco dell'anno (i principali, quelli equinoziali e quelli solstiziali d'estate e d'inverno) la cui giacitura è in relazione della latitudine del luogo di osservazione.
Nello studio esplorativo delle figure geometriche oggetto di studio, l'impiego del software *GeoGebra*, sviluppato in *JAVA Script*, si è rilevato un utilissimo strumento di indagine conoscitiva perché ha permesso di approfondire le relazioni intrinseche delle entità geometriche attraverso la manipolazione (spostamenti e rotazioni) di punti di controllo nelle costruzioni eseguite. All'interno del noto software, si è rappresentato un quadrante verticale declinante in proiezioni multiple ortogonali.

4.
Meridiane storiche a cappello (XVII-XIX sec.): Saverne (a), Lorquin (b), Paris (c), Latronico (d), Angers (e).

4.

Assegnati i parametri di controllo (Latitudine Longitudine del luogo; lunghezza dell'ortostilo; declinazione solare, δ; dimensioni del quadrante; declinazione gnomonica), durante il processo di costruzione, è possibile validare delle ipotesi iniziali, congetturare e verificare le proprietà e le relazioni che si mantengono inalterate o variano nel corso delle trasformazioni geometriche.
Da un punto di vista didattico, l'iter geometrico procedurale può essere appreso e maturato riproducendo le costruzioni dei luoghi geometrici 'passo a passo'.
Per i quadranti verticali posizionati lungo la direzione Nord-Sud, è, inoltre, possibile realizzare digitalmente molteplici configurazioni del diagramma orario, variando la declinazione gnomonica (la misura in gradi dell'angolo fra il piano verticale Est-Ovest e quello della parete stessa). Ad ogni valore angolare di giacitura dell'orologio, si è in grado di realizzare le linee orarie e diurne aggiornandole al nuovo assetto impostato.Questo approccio sperimentale ha permesso di potenziare l'interazione tra la componente teorico-concettuale e figurativa nei ragionamenti della geometria descrittiva, offrendo occasioni di riflessione didattica per acuire le conoscenze culturali e formative della Scienza della Rappresentazione (Di Paola et al. 2013) [fig. 3].

La Colonna gnomonica e il quadrante cilindrico 'a cappello filtrante'

Il disegno del quadrante solare lungo la superficie di un cilindro si presenta come un problema di intersezione tra superfici quadriche reali e luminose.
A differenza di un più tradizionale orologio solare piano, le linee orarie sono archi di ellissi, diversi in funzione dell'inclinazione che il piano luminoso determina con le generatrici del quadrante cilindrico. Una delle meridiane più note di questo tipo di rappresentazione su superfici cilindriche è la meridiana portatile del pastore.
Tuttavia, il presente lavoro indaga su una tipologia unica e poco conosciuta, battezzata da R. Rhor come meridiana 'a cappello filtrante' sulla base di due esemplari rinvenuti a Saverne e Lorquin (Francia) (Pizarro 2011; Rohr 1973, pp. 9-12).

Sembra che il principio di funzionamento di questo tipo di quadrante sia più antico di quanto si pensasse, dato che linee orarie corrispondenti a un orologio a cappello sono state trovate nella Torre dei Venti in Grecia, e menzionate da al-Marrakushi nel XIII secolo e da Athanasius Kircher nel XVII secolo, con esempi in cilindri, quadranti e coni. Nel XVIII secolo, il matematico Jacques Ozanam attribuì questa invenzione a padre Quenet, un benedettino dell'abbazia di Saint-Germain-des-Prés e, anni dopo, Joseph Mollet ne descrisse la costruzione nella sua opera *Gnomonique graphique*. Si tratta di un orologio a colonna fissa con una struttura cilindrica verticale che sulla sommità presenta una forma circolare sovrastante, una cornice (che ricorda un cappello) la cui ombra portata traccia sul cilindro una curva gobba simmetrica rispetto alla verticale del Sole con concavità opposta a quella delle curve coniche diurne. Il punto più alto del contorno apparente del bordo del 'cappello' genera un punto ombra che risulta il più basso di questa curva. Quest'ultimo fornisce ora e data. Nel tempo, dato che questo punto non è comodo da individuare rendendo imprecise le letture, si è modificato il cappello riducendolo ad una fitta raggiera, come se ci fossero tanti gnomoni fissi ognuno orientato verso il Sole ad un'ora e data precisa. Ne consegue che le ore sono disposte in senso opposto a quello di un orologio solare classico verticale ad angolo orario. Dunque, con la modifica della struttura del cappello, il raggio che proietta l'ombra verticalmente indica il punto in cui l'ombra del cappello rende disponibile, con maggior precisione, l'indicazione della data e dell'ora [fig. 4] (Pizarro 2010; Savoie 2014).

Il caso studio: l'orologio solare con cappello multi-gnomone del Convento di La Baumette (1884, Maine-et-Loire, Francia)

In Europa questi tipi di orologi solari con capello sono rari. Sono sopravvissuti solo 4 esemplari storici, tutti con un pessimo stato di conservazione in alcuni dei loro elementi (colonna, cappello, gnomoni,...) o addirittura ricollocati in altra sede. Il resto degli orologi a cappello conosciuti sono stati costruiti

5.
Vista dall'alto del Convento di La Baumette (1884, Maine-et-Loire, Francia).

nel 20° secolo (Pizarro 2022; Savoie 2021; Anselmi 2000). Questo insolito orologio solare, costruito da Albert Cheux e datato nel 1884, è un esempio unico al mondo. L'insieme gnomonico è costituito da una colonna in arenaria (alta più di 3 m con un raggio di 14 cm) con quattro elementi: 2 orologi solari multistilo sulla colonna e 2 orologi verticali meridionali sul piedistallo. Occupa una posizione preferenziale al centro del cortile, poiché si trova all'incrocio di due piccoli sentieri che separano le aree verdi del giardino e sono orientati sull'asse Nord-Sud [fig. 5].

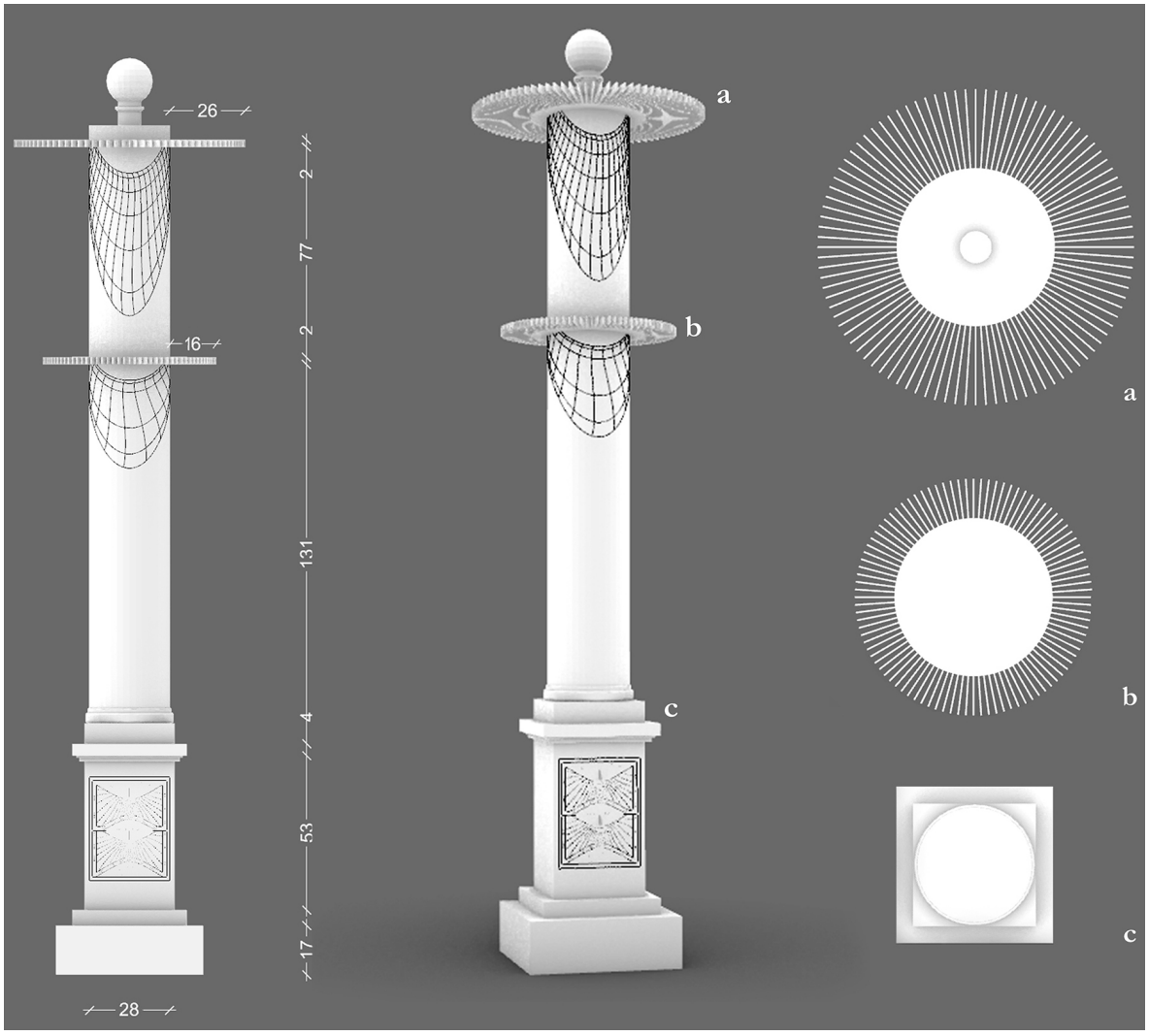
Il percorso che compie l'ombra non è lineare bensì traccia sul quadrante delle curve piane intrecciate che ricordano il numero 8, che vengono definite lemmniscate o analemma. Il sistema presenta l'indicazione dell'ora sia in tempo solare vero, sia per il meridiano di Parigi con lemniscate per ogni linea oraria suddivise per i due rami stagionali (inverno-primavera per il quadrante superiore ed estate-autunno per il quadrante inferiore).

Il tempo vero (quello legato al movimento del Sole) ed il tempo medio (quello che l'uomo ha inventato per scopi pratici) si differenziano di una quantità che varia nel corso dell'anno; tale differenza è denominata *Equazione del Tempo* [fig. 6].

Il complesso gnomonico si trova a Sud del chiostro dell'edificio conventuale, accanto all'ingresso principale del recinto attraverso Place Albert Cheux e al bordo del sentiero che scende verso le rive della Maine.

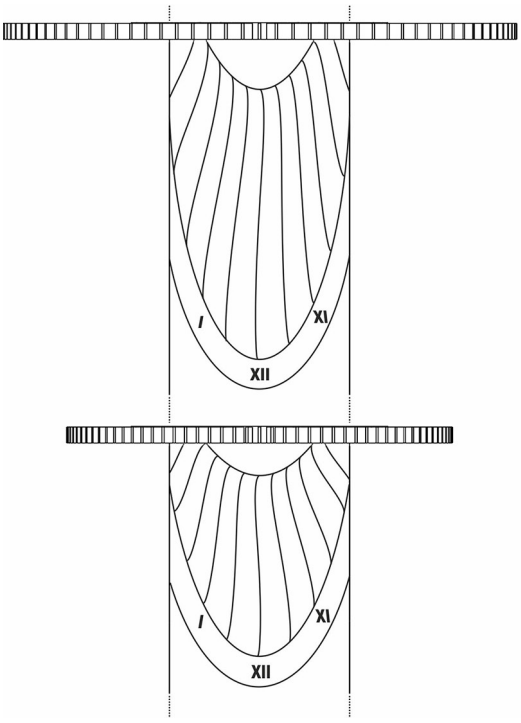
Ognuna delle coppie di orologi solari indica le ore per sei mesi. Quello superiore a cappello filtrante indica le ore medie del meridiano di Parigi dal 22/12 al 21/06. Quello inferiore, anch'esso a cappello filtrante indica le ore medie del meridiano di Parigi dal 21/06 al 22/12. Quello superiore piano verticale e meridionale indica le ore medie del meridiano di Parigi dal 22/12 al 21/06. Quello inferiore piano verticale e meridionale indica le ore medie del meridiano di Parigi dal 21/06 al 22/12.

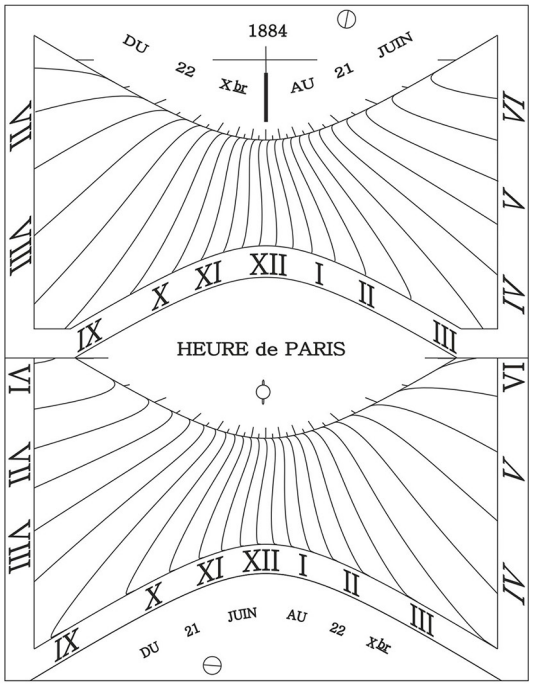
La colonna si trova a latitudine Nord 47º 48' ed a longitudine Ovest 0º 55' riferita al meridiano di Greenwich (secondo le attuali convenzioni). Più precisamente a 47° 27' 01.43"N e 00° 35' 14.99" O



6.

6.
Modello geometrico 3D dell'insieme gnomonico (schema degli autori).

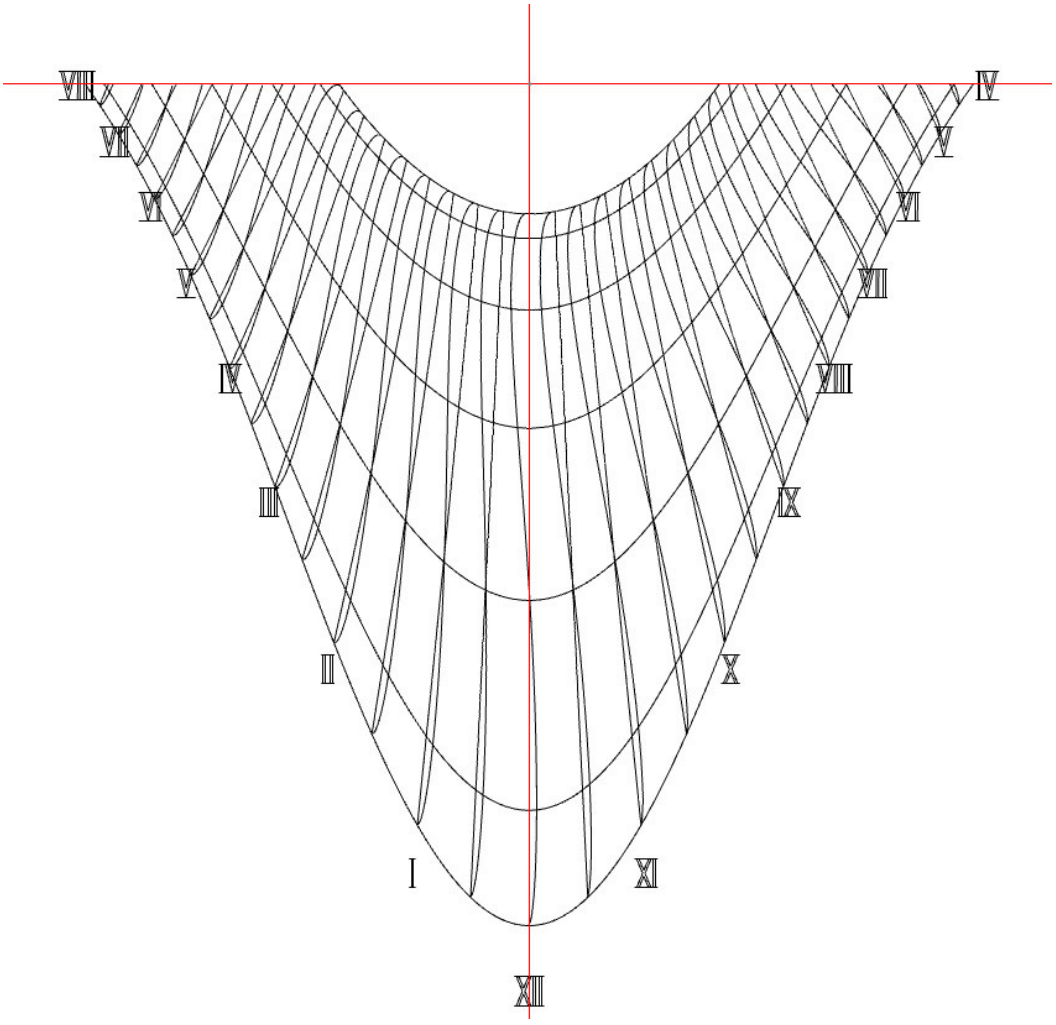




7.

7.
Rappresentazione in proiezione ortogonale delle coppie di orologi solari a cappello filtrante (superiore e inferiore) e delle coppie di orologi solari piani verticali e meridionali (superiore e inferiore) (schema degli autori).

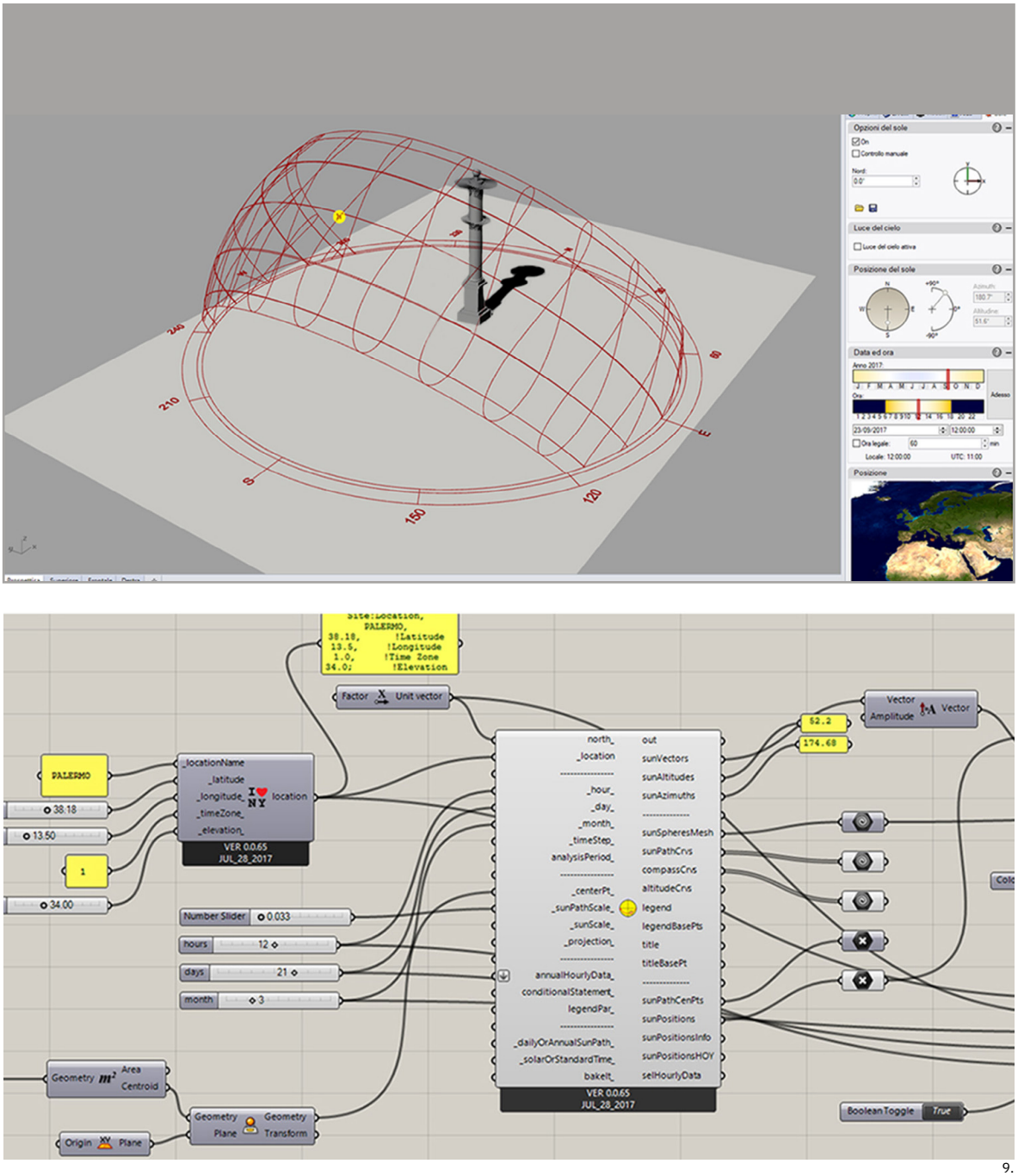
8.
Schema dello sviluppo planare delle linee orarie e delle linee diurne dell'orologio solare cilindrico a cappello filtrante di La Baumette. Il tracciamento sul grafico delle curve gobbe lemniscate, dipendenti dall'equazione del tempo, è stato esegiuto all'interno del software CartesiusWeb Evo (versione 2.39, 2023) di Riccardo Anselmi.



8.

secondo *Google Earth* (47°.4503972 N – 0°.5874972 O). Il Meridiano di Parigi si trova presso l'osservatorio astronomico della città a 02° 20' 11".5 ad Est di Greenwich; quindi la latitudine del complesso gnomonico riferita al mediano di Parigi risulta essere: 00° 35' 14.99" + 02° 20' 11".50 = 02°55' 26".49 (2.924025) ad Ovest di Parigi.
Per eseguire correttamente delle simulazioni digitali, riferite al meridiano di Parigi occorre impostare il fuso di riferimento al meridiano zero (quello di Londra UTC) quindi la latitudine del luogo arrotondata a 47.450397 N e la longitudine da Parigi arrotondata a 02.924025 O (Anselmi 2013).

Nella primavera del 2013 è stata restaurata la base della colonna con pietra della regione di Poitiers ed è stata sostituita l'asta centrale, completamente ossidata. Sebbene sia attualmente catalogato e protetto dagli enti preposti al Patrimonio della Loira, le altre parti del sistema gnomonico versano in condizioni di degrado a causa della mancanza di maestrenze con competenze specialistiche per eseguire i lavori di restauro (i 196 stili dei due quadranti sono tagliati in un'unica lastra di ferro fuso la cui tecnica artigianale risulta complessa) [figg. 7-8].
Al fine di validare i procedimenti geometrico-spaziali strutturati all'interno dell'algoritmo, si è pro-



9.

9.
Simulazione del diagramma solare e determinazione delle ombre con un plug-in specifico di analisi ambientale: Ladybug (schema degli autori).

ceduto a una simulazione energetica con l'impiego di altri strumenti di controllo e analisi ambientale offerti dal plug-in *Ladybug*, importabile nella piattaforma *Grasshopper*, visualizzando i risultati finali nell'interfaccia di lavoro di *Rhinoceros*. Gli *script* caricati sono: *SunPath* e *SunRays* e *SkyDome* per creare un percorso solare 3D nella scena di *Rhinoceros*.
I componenti emettono i vettori solari e per l'analisi delle ore di luce solare e per il controllo delle aree di ombra propria e portata. Per elaborare i calcoli, lo *script* ha necessità di immagazzinare i dati climatici relativi a una collocazione geografica determinata (le informazioni possono essere scaricate da un *browser Weather Data* nel formato EPW (*Energy Plus Weather File*).
L'esito grafico rappresenta la sfera celeste con le traiettorie circolari dell'Astro nei vari periodi dell'anno. Volendo segnare giornalmente la posizione di un'ombra, questa allungherebbe e accorcerebbe con le stagioni. In figura 9, è possibile osservare le curve gobbe lemniscate sono conseguenza dell'effetto reale di un fenomeno fisico che compie il Sole sulla volta celeste alla stessa ora durante l'anno in giorni diversi. La forma deriva dalla combinazione di due cose: l'inclinazione della Terra di 23,5° sul suo asse di rotazione e la forma ellittica dell'orbita terrestre attorno al Sole.

Conclusioni

La metodologia algoritmico-parametrica e gli approfondimenti di geometria dinamico-interattiva applicata alle costruzioni geometriche di orologi solari a quadrante verticale e a colonna hanno permesso di acquisire ulteriori strumenti conoscitivi, utili anche a riflessioni didattico-formativi e una maggiore consapevolezza degli affascinanti meccanismi che regolano il Cosmo e i fenomeni di luce/ombra. La descrizione, l'analisi delle proprietà che regolano il funzionamento degli strumenti studiati e lo studio di un'insolita e poco indagata tipologia di orologio solare di grande valore storico-culturale, concorrono a formare un tassello di conoscenza, favorendo la divulgazione del patrimonio gnomonico.

Crediti e Ringraziamenti

Nel presente contributo, di cui gli autori hanno condiviso l'impianto metodologico, Francesco Di Paola ha redatto: i paragrafi Modello grafico-geometrico parametrico del Sistema volta celeste/quadrante" e "Il caso studio: l'orologio solare con cappello multi-gnomone del Convento di La Baumette (1884, Maine-et-Loire, Francia)". Manuel Pizarro ha redatto il paragrafo: "La Colonna gnomonica e il quadrante cilindrico 'a cappello filtrante'". Gli Autori hanno curato insieme i paragrafi "Introduzione" e "Conclusioni".
Per lo svolgimento e la verifica di alcuni elaborati grafici, ringraziamo gli studiosi ed esperti di gnomonica Riccardo Anselmi, autore del software *Cartesius Web Evo* (*release* 2.39 del 2023) (http://www.anselmi.vda.it/) e Luigi Massimo Ghia per il supporto nella costruzione delle linee dell'ora e del calendario sulla colonna caso studio.

Bibliografia

Anselmi R. (2000). La Meridiana conica di Abu Mina. In *Gnomonica, UAI, Catalogo Nazionale delle Meridiane d'Italia,* All. n. 7 Istituto Tecnico Nautico Artiglio, Viareggio.

Anselmi R. (2013). L'orologio solare a cappello filtrante appartiene alle bifilari? Considerazioni sugli orologi solari bifilari con riferimento a quelli classici ad angolo orario In *Orologi Solari*, n.3, pp. 22-31.

Di Paola F.; Pizzurro M.R.; Pedone P. (2013). Digital and interactive Learning and Teaching methods in descriptive Geometry. In *Scientific Journal Procedia - Social and Behavioral Sciences journal*, Vol. 106, pp. 873-885. ISSN: 1877-0428; , DOI: 10.1016/j.sbspro.2013.12.100.

Di Paola F. (2018). Geometry/Time Measurement/Sundials Graphical Resolution via Algorithmic and Parametric Processes. In: *ICGG 2018. Proceeding of the 18th International Conference on Geometry and Graphics. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 809, p. 1945-1957. Heidelberg: Springer. ISBN: 978-3-319-95588-9, ISSN: 2194-5357, Milan, Italy, 3-7 August 2018. DOI: 10.1007/978-3-319-95588-9_173.

Docci M.; Gaiani M.; Maestri D. (2017). *Scienza del Disegno, II Ed.*. Novara: CittaStudi.

Fantoni G. (1988). *Orologi Solari. Storia, teoria, practica, costruzione, esempi*. Roma: Ed. Technimedia.

Migliari R. (2012). Dieci lezioni di geometria descrittiva-la teoria delle ombre e del chiaroscuro- il modello geometrico del moto apparente del sole. In O. Fasolo, R. Migliari (a cura di). *Quaderni di Applicazioni della Geometria Descrittiva*, n.3, Roma.

Pagliano A.; Triggianese A. (2012). I passi del Sole: geometrie della luce negli orologi solari. In G. D'Acunto (a cura di). *Complessità e Configurazione. Disegno e Geometria delle forme architettoniche*, Collana Geometria Disegno Immagine. Venezia: Libreria Editrice Cafoscarina.

Perrucci S. (2014). *Le linee del Tempo. Architettura, Gnomonica, Geometria*. Tesi di Dottorato in Architettura, XXV° Cycle, University of Naples Federico II.

Pizarro M. (2010). Cadran insolite sur colonne. In *Cadran Info*, 22, pp. 1-13.

Pizarro M. (2011). Un cadran solaire du XIXe siècle sur colonne dans l'ancien couvent de La Baumette à Angers. In *Archives D'Anjou*, 15, pp.1-13.

Pizarro M. (2022). Un cappello per il Sole. (Un tour visuale degli orologi solari a cornice d'Europa). In *Orologi Solari*, n. 27, aprile 2022, pp. 57-66.

Rohr R. (1973). Les cadrans solaires à chapeau filtrant de Saverne et de Lorquin. In *Société d'Histoire et d'Archéologie de Saverne et environs, Cahiers trimestriels "Pays d'Alsace"*, 81, pp. 9-12.

Ronca L. (1976). *Gnomonica sulla sfera ed analemma di Vitruvio*. Roma: Tipografo dell'Accademia Nazionale dei Lincei.

Savoie D. (1998). L'ancien cadran solaire de la colonne Catherine de Médicis à Paris. In *L'Astronomie*, n. 112, pp. 38-43.

Savoie D. (2001). *La Gnomonique.* Paris: Les Belles Lettres.

Savoie D. (2014). *Les Cadrans solaires à corniche. Recherches sur les cadrans solaires*. Turnhout (BE): Ed. Brepols.

Savoie D. (2021). *Une histoire des cadrans solaires en Occident: la gnomonique du Moyen Âge au XXe siècle.* Paris: Les Belles Lettres.

Schaldach K. (2021). *Die antiken Sonnenuhren Griechenlands: Die Funde in historischer Sicht.* Berlin (DE): Edition Topoi. http://www.anselmi.vda.it/CartesiusWebEvo.aspx (consultato il 17 aprile 2023).

Rendering della Meridiana di San Michele in Bosco ottenuto dal modello digitale.

La meridiana di San Michele in Bosco a Bologna: il modello digitale per lo studio e la valorizzazione

Abstract

Il contributo propone una metodologia operativa per l'utilizzo degli strumenti avanzati del Rilievo (laser scanner e fotogrammetria digitale) e del Disegno (modello digitale tridimensionale informativo HBIM), nell'ambito del patrimonio architettonico legato ai fenomeni astronomici. Saranno valutati i punti di forza e le criticità di questi strumenti, affrontando le specificità e le problematiche riscontrate nel caso preso in esame, con lo scopo di individuare il ruolo che essi possono avere nello studio e nella valorizzazione del patrimonio costruito collegato alla sfera celeste.

The work proposes an operational methodology for the use of advanced surveying tools (laser scanner and digital photogrammetry) and drawing (HBIM three-dimensional digital information model), in the context of the architectural heritage linked to astronomical phenomena. The strengths and weaknesses of these tools will be evaluated, addressing the specificities and problems encountered in the case study, with the aim of identifying the role they can play in the study and enhancement of the built heritage connected to the celestial sphere.

Parole chiave

meridiana a camera oscura
modello digitale 3D
HBIM
rilievo integrato
ospedali storici

Gianmarco Mei
Università degli Studi di Ferrara
→ gianmarco.mei@unife.it

Il Monastero di San Michele in Bosco

Il Monastero di San Michele in Bosco sorge sui colli poco fuori dall'antica cerchia muraria di Bologna in una posizione panoramica sulla città ed il territorio circostante [fig. 1]. L'edificio storico ospita attualmente l'Istituto Ortopedico Rizzoli, Istituto di Ricovero e Cura a Carattere Scientifico (IRCSS), il cui prestigio è riconosciuto a livello internazionale. In relazione a questa destinazione d'uso al complesso monumentale in cui si trova la meridiana sono stati aggiunti nuovi edifici in età contemporanea, in cui sono collocate le parti a maggior contenuto tecnologico.

Il convento, sorto su un'area in cui si attesta la presenza di comunità Cristiane a partire dal IV sec., venne costruito nel XI sec. Successivamente distrutto venne ricostruito, nella forma che ancora oggi mantiene, per opera dei monaci olivetani. Nel corso dei secoli, ai suoi lavori di realizzazione e decorazione presero parte, fra gli altri, Pietro Fiorini, Giorgio Vasari, Ludovico Carracci e Guido Reni. Dalla fine del Settecento, in seguito alla soppressione degli ordini monastici in età napoleonica, l'edificio fu destinato a caserma, carcere, Villa Legatizia e Villa Reale, fino alla fondazione nel 1886 dell'attuale Ospedale Ortopedico.[1]

La meridiana a camera oscura [fig. 2] si trova nel corridoio del primo piano, chiamato "manica lunga" per la sua imponente dimensione di oltre 162 m che lo rende l'ambiente più lungo della città. Tale corridoio termina a nord con una serliana che inquadra perfettamente in asse la Torre degli Asinelli, simbolo di Bologna, situata a 1407 m di distanza [fig. 1], dando origine al famoso effetto 'cannocchiale': man mano che ci si allontana dalla finestra (e dalla torre stessa), questa sembra ingrandirsi mentre avvinandosi alla finestra e alla torre, essa sembra farsi più piccola (Incerti, Foschi, 2021; Costa, Bonetti, 2017).

Ferdinando Messia de Prado, autore della meridiana

Lo strumento gnomonico, come inciso sulla lastra marmorea posta all'inizio della linea meridiana, fu realizzato nel 1788 dal monaco olivetano Ferdinando Messia, "professore di Astronomia e Arte Nautica all'Università di Napoli e socio dell'Accademia delle Scienze di Bologna". Trattasi di Ferdinando Messia de Prado (Napoli, 3 novembre 1757 - Napoli, 8 giugno 1810), nato da una nobile famiglia di origine spagnola trasferitasi a Napoli nel periodo del viceregno (Gargano, sd). Entrato nell'ordine dei monaci benedettini olivetani nel 1772, l'anno successivo si sposta nel monastero di san Vittore al Corpo di Milano dove rimane fino al 1778. Si sposta poi a Pavia dal 1779 al 1780 nel monastero di S. Bartolomeo, dove frequenta gli ambienti dell'Università in cui vengono studiati lavori di matematica pura e applicata elaborati da autori francesi, tedeschi e inglesi. Rientra a Napoli nel Monastero di Monteoliveto dove ha dal 1782 l'incarico di *Lector Mathematicus*, a cui si aggiunge nel 1786 quello di *Lector Philosophus*. Infine nel 1787 viene nominato *Publicus Regius Professor Astronomiae et Nauticae* ed ottiene il permesso di spostarsi tra Parigi, Padova, Bologna e Milano per perfezionarsi nell'uso della strumentazione astronomica (Amodeo, 1905).

Nel 1788, per la sua particolare esperienza in campo gnomonico, viene chiamato a Bologna dai confratelli del convento di San Michele in Bosco, per la realizzazione della meridiana a camera oscura oggetto del presente contributo (Paltrinieri, Frizzoni, 1995). Nel 1799 prende parte alla Repubblica Napoletana,

1a.
vista aerea del complesso (estratta da Google Earth)

1b.
foto della serliana allineata alla Torre degli Asinelli (fotografia dell'autore).

2.
Fotografia della meridiana con la proiezione a terra dell'immagine solare prima del transito sulla linea il 21/03/2023 (fotografia dell'autore).

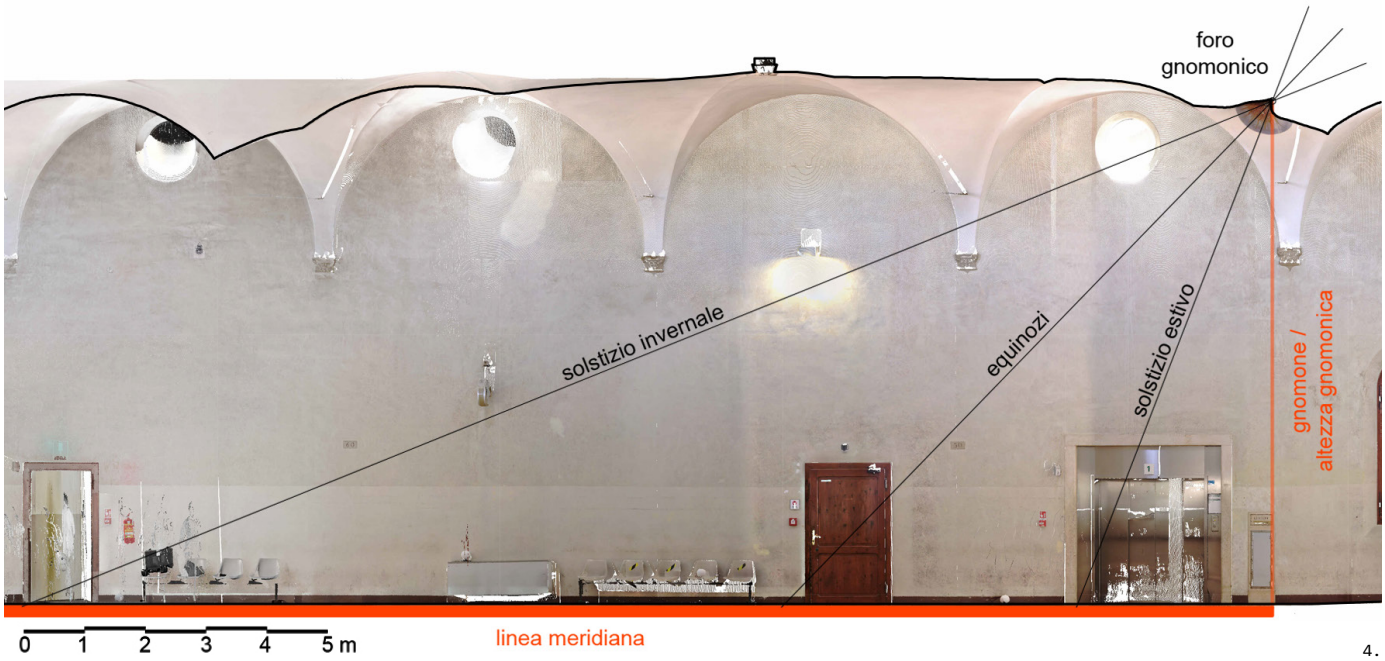
governo formatosi sull'onda delle campagne napoleoniche, ma presto represso dalla Restaurazione Borbonica. Pertanto Messia viene mandato in esilio in Francia, dove continua ad insegnare matematica a *Saint Germain-en-Laye* e poi al collegio di *Périgueux*. Nel 1806, stabilitosi il governo napoleonico nel regno di Napoli, Ferdinando Messia viene richiamato in patria e riottiene la cattedra universitaria. Infine nel 1809, un anno prima della sua precoce scomparsa, diventa direttore dell'embrionale osservatorio astronomico che si trovava allora sul Belvedere del Monastero di San Gaudioso, prima della fondazione dell'Osservatorio di Capodimonte, fondato nel 1812 e terminato di costruire nel 1819 (Olostro Cirella, 1995).

Lo strumento gnomonico ed il suo funzionamento

La meridiana a camera oscura[2] si trova nel corridoio principale di distribuzione del primo piano, che corre longitudinalmente sul lato est del complesso monumentale per tutta la sua lunghezza. Su tale ambiente, dalle imponenti dimensioni, si attestavano le antiche celle monastiche oltre a tre corridoi trasversali, lo scalone monumentale, il collegamento con la Chiesa alta all'estremo nord ed il collegamento con gli edifici di più recente realizzazione all'estremo opposto.

Trattandosi di una meridiana a camera oscura,[3] lo strumento è costituito da una linea realizzata sul pavimento lungo l'asse nord-sud, che corrisponde al meridiano locale, e da un foro gnomonico, da cui entrano i raggi solari all'interno dell'ambiente, posizionato a sud sul piano meridiano, in prossimità dell'imposta di una delle volte a crociera del corridoio. Lo strumento, come ogni artefatto di questo tipo, indica quindi il mezzogiorno vero locale ovvero l'istante in cui il Sole culmina sul meridiano locale che corrisponde al momento in cui la luce solare riesce ad entrare attraverso il foro e proietta sul pavimento l'immagine solare [fig. 3] (Heilbron, 2005; Ferrari, 2006). Inoltre, osservando la posizione della macchia solare rispetto alla linea meridiana, è possibile determinate la data corrente. Infatti la variazione della declinazione del Sole comporta lo spostamento quotidiano della macchia solare lungo la linea meridiana, la quale si avvicina al piede dello gnomone (inizio della linea meridiana) in prossimità del solstizio estivo (giorno dell'anno in cui la declinazione solare è massima) e si allontana in prossimità del solstizio invernale (giorno dell'anno in cui la declinazione solare rispetto alla terra è minore) [fig. 4].

3.
Il transito del sole sulla linea meridiana il 31/03/2023 (fotografie dell'autore).



4.

4.
Schema dello strumento gnomonico con individuazione delle traiettorie dei raggi che proiettano l'immagine del sole lungo la linea meridiana ai solstizi e agli equinozi, realizzata sulla ortofoto della nuvola di punti del rilievo laser scanner passante per il piano meridiano (elaborazione grafica dell'autore).

La linea meridiana in questione è costituita da due lamine in ottone che ne contengono una terza in rame, racchiuse all'interno di lastre di marmo chiaro [fig. 5]. Su queste lastre sono incisi dei numeri su ognuno dei lati della linea. La serie a est, che riporta solo i numeri pari da 2 a 250, corrisponde all'indicazione delle centesime parti dell'altezza gnomonica, che costituisce il modulo metrico di base dello strumento. Per tale motivo lo 0 si trova all'inizio della linea meridiana in corrispondenza del foro gnomonico e il 250 alla fine della linea poco oltre l'incisione che individua la macchia solare proiettata nel giorno del solstizio invernale. La serie a ovest, come indicato nella lastra di marmo iniziale, indica invece "l'ora italiana corrispondente al mezzogiorno" (vero locale) per ogni giorno: le ore sono indicate con numeri romani mentre i minuti pari con numeri arabi e quelli dispari con un punto.

L'ora italiana è un metodo di suddivisione del giorno affermatosi nel secolo XIV in Italia – da cui prende appunto il nome –, che ne ripartisce la durata in 24 intervalli uguali numerati a partire dal tramonto del Sole (Arnaldi, 2006). In questo reperto i numeri romani che indicano le ore lungo la meridiana sono contraddistinti con le cifre dal XIII al XIX. Agli equinozi il giorno e la notte hanno la stessa durata (12 ore ciascuno), pertanto secondo questo sistema il Sole sorge alle 12, tramonta alle 24, e si trova a mezzogiorno alle 18. Osservando il punto lungo la linea meridiana corrispondente agli equinozi, si nota che le ore segnate per il mezzogiorno vero locale sono le 18:30 e non le 18. Questo dimostra che il sistema di misurazione delle ore adottato è quello delle ore italiche 'da campanile', basato sullo stesso principio, ma secondo il quale l'inizio per il conteggio delle ore è fissato mezz'ora dopo il tramonto, coincidente circa con l'inizio dell'oscurità (Arnaldi, 2006).

Poiché l'ora italiana da campanile fu progressivamente abbandonata in favore dall'attuale ora alla francese o ultramontana a partire dal dominio napoleonico di inizio Ottocento, tale serie numerica riportata sullo strumento risultò utile per gli scopi civili solamente per alcuni decenni.

Lungo la linea meridiana sono inoltre collocate alcune piastre di marmo quadrate che indicano l'ingresso del Sole nei segni zodiacali e pertanto forniscono un'indicazione rispetto ai mesi e dunque alla data. Su ognuna di queste lastre sono incisi infatti il simbolo del segno zodiacale e il mese e giorno in cui convenzionalmente avviene l'ingresso del Sole in quella costellazione.

Infine all'inizio della meridiana è inciso un piccolo cerchio che indica la proiezione verticale del foro gnomonico sul pavimento e ne fornisce la dimensione, pari a 15 mm. Come in parte già anticipato, prima dell'inizio della linea meridiana è collocata una grande lastra di marmo quadrata che costituisce la legenda dello strumento. Su di essa sono infatti incise in latino delle scritte che spiegano gli elementi dello strumento gnomonico ovvero il "punto verticale" appena descritto, sul lato est della linea meridiana le "centesime parti della perpendicolare", e più esternamente i "segni zodiacali discendenti" mentre a ovest della linea le "ore italiche a mezzogiorno" (trattasi delle ore italiche da campanile, come precedentemente descritto) e più esternamente i "segni zodiacali ascendenti". Ancora più a nord si trova un'ulteriore lastra di marmo su cui è incisa la scritta "linea meridiana" oltre all'anno di realizzazione, il nome del suo autore ed i suoi titoli di professore e membro dell'Accademia delle Scienze. Infine lungo la linea meridiana sono stati incise le el-

5.

lissi che delimitano la proiezione dell'immagine solare nei giorni del solstizio estivo (che si trova sulla lastra del cancro in corrispondenza del 21 giugno) e del solstizio invernale (che si trova sulla lastra terminale della linea meridiana, di dimensioni maggiori di quelle degli altri segni zodiacali).

Gli strumenti del disegno: la necessità di un rilievo integrato

In relazione all'obiettivo della ricerca, che concerne lo studio e la valorizzazione del manufatto con valore astronomico attraverso gli strumenti della rappresentazione, si è deciso di realizzare un modello digitale geometricamente e cromaticamente fedele, interrogabile ai fini di ricerca e utilizzabile a scopi divulgativi. Per questa ragione è quindi stato necessario realizzare un rilievo del manufatto architettonico. Trattandosi di uno strumento molto preciso di misurazione del tempo, in cui piccole variazioni di millimetri nelle dimensioni e nella distanza tra i vari elementi che lo costituiscono possono portare a modifiche significative nel suo funzionamento, si è optato per gli strumenti e le tecniche di rilievo, oggi disponibili e diffusi, in grado di assicurare la massima

5.
Dettagli della meridiana estratti dall'ortofotopiano ottenuto tramite fotogrammetria digitale (rilievo ed elaborazione dell'autore).

precisione. In primo luogo si è quindi proceduto con un rilievo laser scanner con *Faro Focus X 330*[4] dell'intero corridoio principale, dei due corridoi trasversali secondari e della Biblioteca eseguendo un totale di 38 scansioni. Si tratta di 23 scansioni precedentemente realizzate senza dato colore in tempi recenti[5] nell'area della meridiana che sono state quindi integrate con 15 nuove scansioni[6] comprensive di dato colore [fig. 6]. Nelle campate del corridoio interessate dalla meridiana le stazioni sono state raffittite, impostando una risoluzione più elevata.

Le scansioni sono poi state registrate con il software *Scene*, attraverso processi semi-automatici, il riconoscimento manuale di target fisici (apposite sfere posizionate durante la campagna) e piani notevoli dell'architettura, ottenendo quindi una nuvola di punti (colorati nell'area della meridiana) con un errore medio dei punti di 1,5 mm.

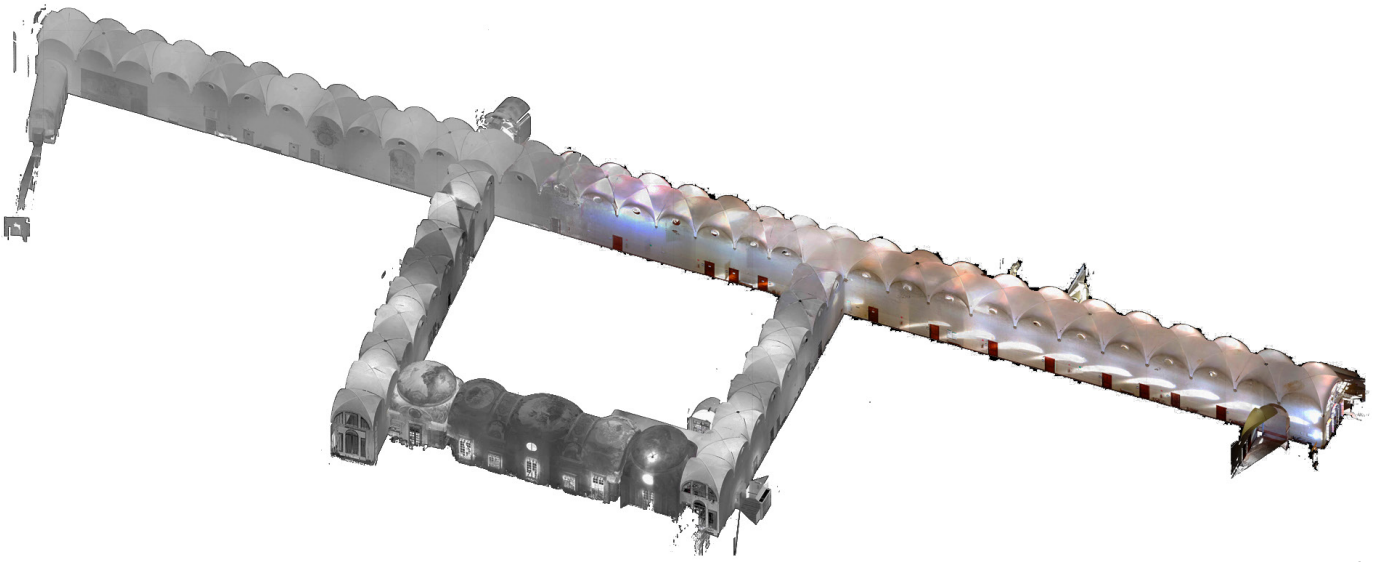
Tale rilievo, seppur molto preciso in termini geometrici, presentava dati non sufficientemente chiari dal punto di vista materico-cromatico. Nello specifico sulla nuvola di punti e sulle ortofoto ottenute da essa, non si distinguevano in maniera completamente intellegibile le incisioni presenti lungo la meridiana. Pertanto il dato materico è stato integrato con il rilievo fotogrammetrico. Sono state acquisite 276 fotografie della linea meridiana e delle pareti e delle volte in corrispondenza del foro gnomonico. Attraverso l'elaborazione con il software *Metashape*, è stata ottenuta una nuvola di punti del solo strumento gnomonico costituita da 243.449.434 punti. Da questa è stato generato un modello tridimensionale costituito da mesh con 13.579.029 facce, su cui è applicata una texture (ottenuta dalle fotografie) ad alta risoluzione [fig. 7]: ogni pixel corrisponde ad una porzione dello spazio fisico pari ad un quadrato con lato di 0,575 millimetri.[7]

Gli elaborati materici ulteriormente verificati provenienti dai due diversi rilievi sono stati confrontati [fig. 8] per verificarne la corrispondenza, attraverso la sovrapposizione dell'ortofoto in scala ottenuta dalla fotogrammetria sulla nuvola di punti del rilievo laser scanner, secondo un processo di validazione reciproca dei dati acquisiti. Infine le dimensioni più importanti dello strumento (lunghezza, altezza gnomonica, lunghezza dei 100 moduli lungo la linea meridiana, incisione sul pavimento rappresentante il foro gnomonico) sono state ulteriormente verificati attraverso misurazioni dirette *in situ*.

La realizzazione del modello HBIM

Il modello digitale [fig. 9] è stato realizzato in ambiente H-BIM attraverso il software *Revit* al fine di realizzare un contenitore informativo in cui possano essere riposte informazioni non solo grafiche, afferenti anche a campi disciplinari diversi. Tale metodologia viene selezionata anche in considerazione del fatto che la meridiana fa parte di un complesso ospedaliero pubblico e pertanto in futuro la gestione del patrimonio e gli interventi saranno sempre più realizzati in ambiente BIM.[8] In questa ottica, il modello potrebbe essere integrato ed interrogato durante eventuali futuri interventi sul patrimonio fisico, andando a costituire una base scientifica di riferimento.

La nuvola di punti ottenuta dal rilievo laser scanner ed esportata in formato .rcs è stata inserita sul software *Revit* in cui viene visualizzata all'interno del modello nelle viste tridimensionali e bidimensionali potendone anche visualizzare delle *slice* per assicurare la massima precisione nell'individuazione



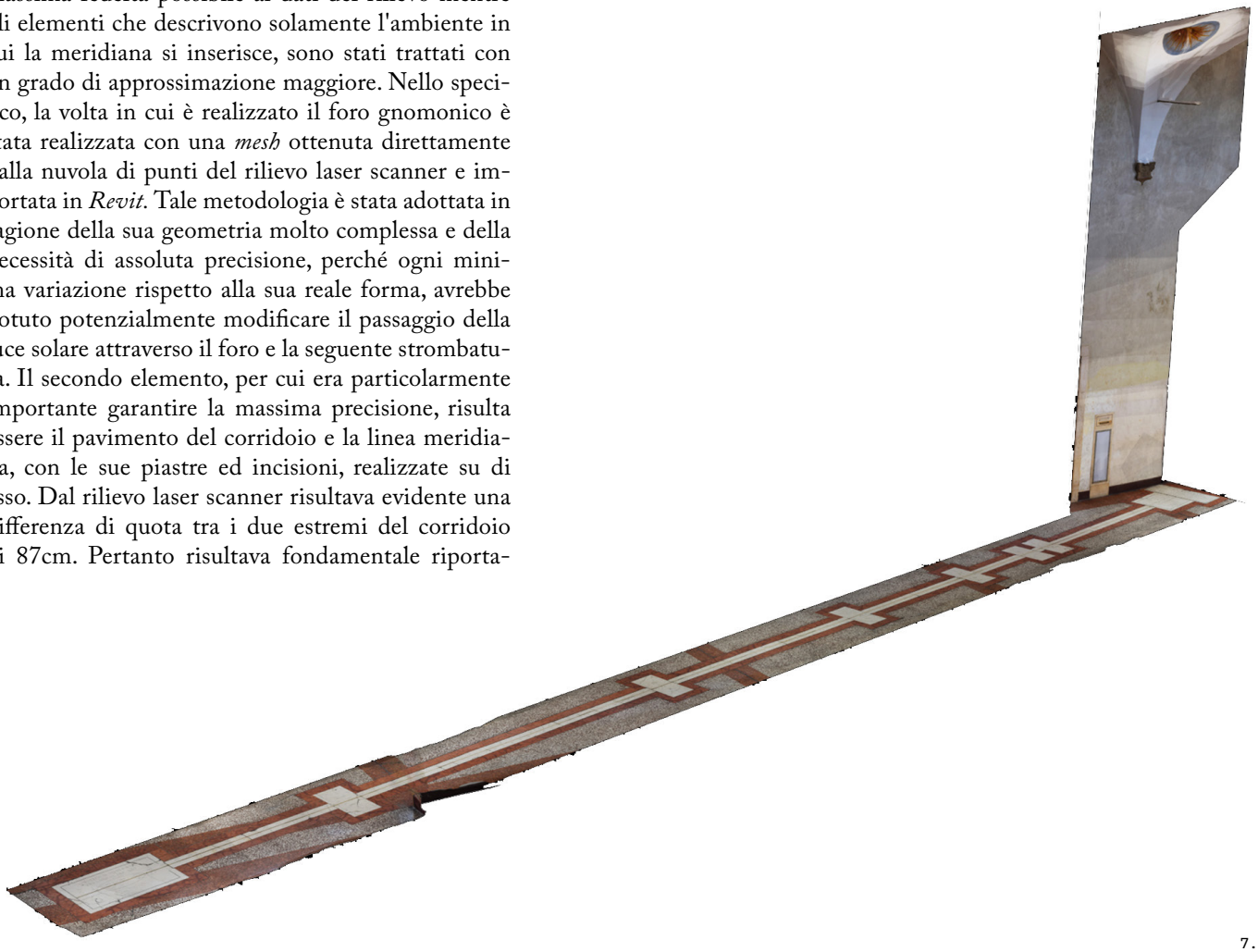
6.
Nuvola di punti ottenuta dal rilievo laser scanner (rilievo Manuela Incerti e Gianmarco Mei, elaborazione grafica dell'autore)

6.

dei punti notevoli. Quindi sulla nuvola di punti è stato realizzato un modello tridimensionale dell'intera manica lunga e dei corridoi trasversali ad essa, costituito dalle pareti perimetrali con le relative porte e finestre, il pavimento, le volte a crociera e la copertura esterna a falde.
La restituzione di un rilievo obbliga sempre alla discretizzazione dei dati ottenuti ed alla loro trasposizione in elementi semanticamente caratterizzati. Tale processo di passaggio, in questo caso, da una nuvola di punti ad elementi tridimensionali che rappresentano elementi dell'architettura (pavimenti, pareti, volte, ecc.) porta inevitabilmente con sé la necessità di operare alcune semplificazioni e/o approssimazioni. Le pareti reali difficilmente hanno un andamento rettilineo, specie in un'architettura storica come in questo caso, e la nuvola di punti restituisce questa morfologia irregolare mentre rettilinei devono necessariamente essere i solidi che descrivono una parete all'interno del modello digitale. Il livello di approssimazione, e conseguentemente di precisione del modello ottenuto, è stato tarato sull'interesse del presente studio. Pertanto gli elementi che costituiscono lo strumento gnomonico sono stati modellati con la massima fedeltà possibile ai dati del rilievo mentre gli elementi che descrivono solamente l'ambiente in cui la meridiana si inserisce, sono stati trattati con un grado di approssimazione maggiore. Nello specifico, la volta in cui è realizzato il foro gnomonico è stata realizzata con una *mesh* ottenuta direttamente dalla nuvola di punti del rilievo laser scanner e importata in *Revit*. Tale metodologia è stata adottata in ragione della sua geometria molto complessa e della necessità di assoluta precisione, perché ogni minima variazione rispetto alla sua reale forma, avrebbe potuto potenzialmente modificare il passaggio della luce solare attraverso il foro e la seguente strombatura. Il secondo elemento, per cui era particolarmente importante garantire la massima precisione, risulta essere il pavimento del corridoio e la linea meridiana, con le sue piastre ed incisioni, realizzate su di esso. Dal rilievo laser scanner risultava evidente una differenza di quota tra i due estremi del corridoio di 87cm. Pertanto risultava fondamentale riportare questa inclinazione nel modello tridimensionale con particolare precisione circa il suo andamento in corrispondenza della linea meridiana. Il pavimento è quindi stato realizzato dall'estrusione orizzontale di una serie di segmenti che seguono precisamente l'andamento dello stesso.[9] Infine per modellare le piastre di marmo e le incisioni, lo strato superficiale del pavimento è stato suddiviso in aree di differenti materiali corrispondenti ai vari elementi della meridiana e su di essi sono state riportate le incisioni presenti. Tale operazione è stata eseguita seguendo il dato di rilievo con più informazioni disponibili sul piano materico-cromatico, ovvero l'ortofoto ottenuta dalla fotogrammetria digitale.
Gli elementi che descrivono l'ambiente circostante lo strumento gnomonico sono stati modellati con un grado di approssimazione crescente, il cui massimo viene raggiunto per la copertura esterna [fig. 10].[10]

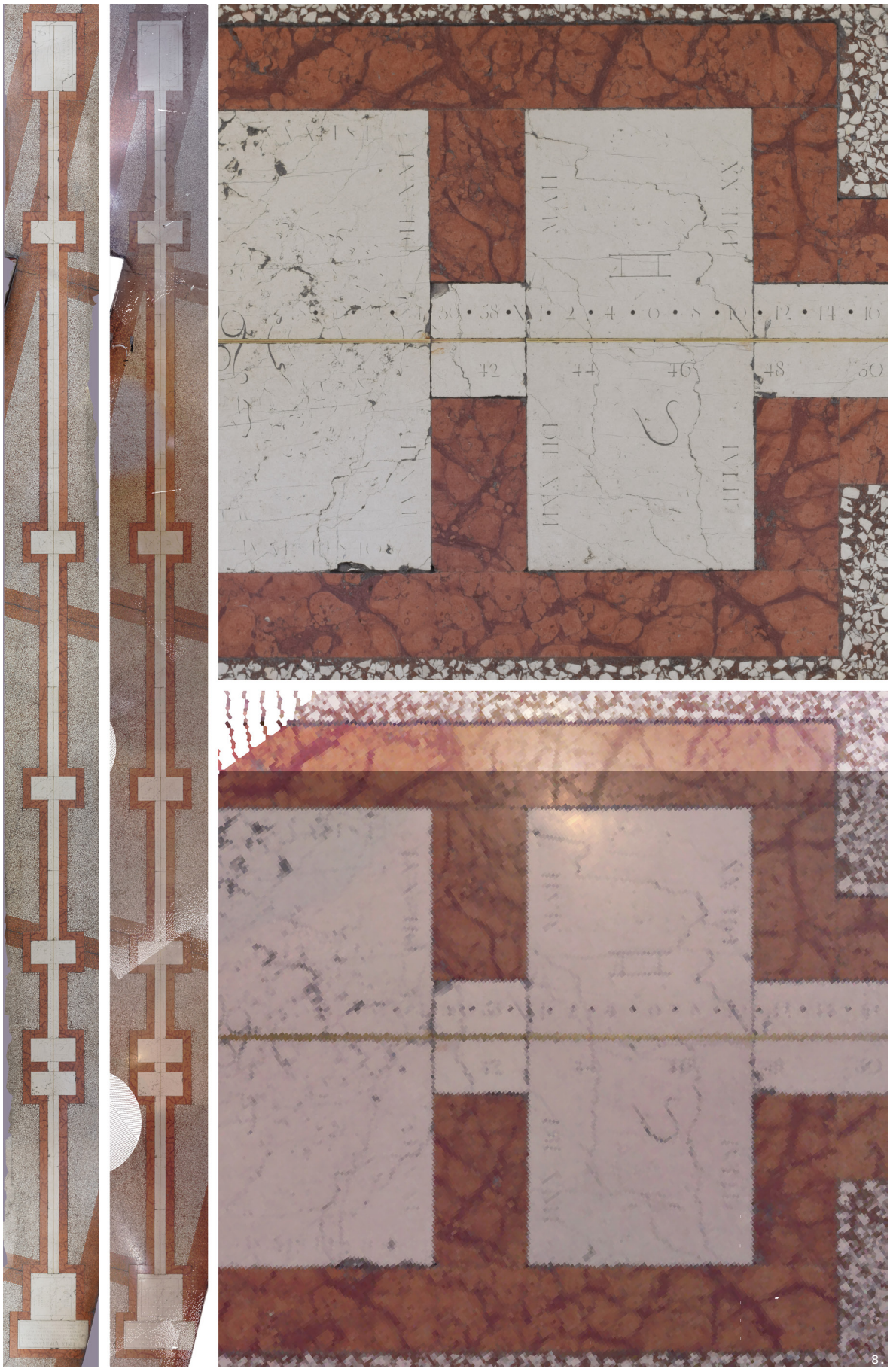
Il modello digitale per le indagini metriche e geometriche sulla meridiana

Il modello digitale ha permesso in primo luogo di ottenere informazioni dimensionali circa il manufat-



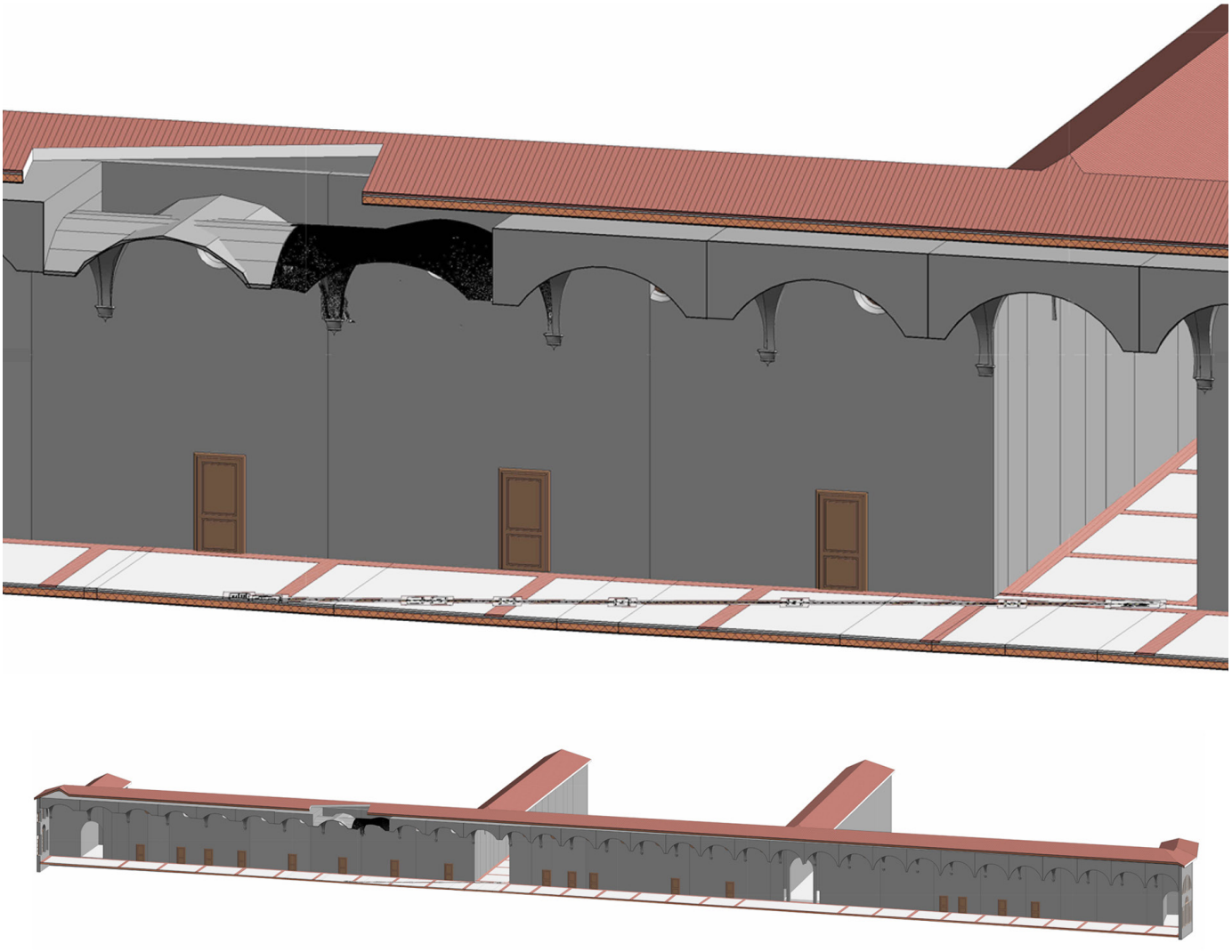
7.
Vista prospettica del modello tridimensionale ottenuto dalla fotogrammetria digitale (rilievo ed elaborazione grafica dell'autore).

7.



8.
Confronto dell'ortofotopiano estratto dal rilievo laser scanner, a destra e sotto, e dal rilievo fotogrammetrico, a sinistra e sopra (elaborazione grafica dell'autore).

to architettonico collegato alla sfera astronomica e di analizzare i rapporti dimensionali tra gli elementi che lo costituiscono nonché quelli tra lo strumento gnomonico e l'ambiente in cui esso è collocato.
La manica lunga, di 162,55 metri di lunghezza e 5,6 metri di larghezza, è coperta da 32 volte a crociera con quote variabili in un *range* di alcune decine di centimetri, che presentano imposte a circa 5,6 metri dal pavimento e chiave circa 2,8 metri più in alto, per un'altezza totale di circa 8,40 metri. Tale ambiente presenta un andamento ruotato rispetto alla direzione meridiana di circa 15 gradi da nord verso est. Pertanto la linea meridiana non ha la stessa direzione del corridoio ma risulta posta in obliquo rispetto a questo.
La meridiana è stata realizzata successivamente all'ambiente in cui si trova, pertanto la larghezza, l'altezza e l'orientamento del corridoio avevano valori già definiti prima della sua realizzazione. Posizionato il foro gnomonico, come è noto, la lunghezza massima della linea si ottiene dalla relazione tra l'altezza e l'angolo risultante dalla latitudine e dalla declinazione del Sole nel solstizio invernale. Al fine di realizzare la linea meridiana nella sua interezza sul pavimento, Ferdinando Messia la collocò in una posizione tale per cui la sua parte terminale potesse proseguire oltre la larghezza del corridoio longitudinale, nella parte iniziale di uno dei corridoi trasversali.
Dal modello sono state inoltre estratte le informazioni dimensionali riguardanti gli elementi che costituiscono lo strumento. Le lamine metalliche che costituiscono la linea meridiana sono larghe 5 mm mentre le piastre di marmo chiaro, posizionate sui due lati della stessa, in cui sono incise le serie di numeri, hanno una larghezza di 9 cm. Le incisioni dei segni zodiacali sono invece riportate su lastre dello stesso materiale di forma quadrata con lato di circa 38 cm, pari a circa un piede bolognese.[11]
Infine le informazioni dimensionali riguardanti le misure notevoli dello strumento gnomonico estratte dal modello [figg. 11, 12] sono state comparate con quelle riportate in bibliografia (Paltrinieri, Frizzoni, 1995; Mingardi, 1987; Mesturini,



9.
Modello tridimensionale HBIM, realizzato in *Revit 2022* (modello dell'autore).

10.

10. Fotografie della porzione di copertura al di sopra del foro gnomonico (immagini dell'Istituto Ortopedico Rizzoli).

TAB A. Confronto delle principali misure in cm dello strumento gnomonico ottenute dal rilievo con quelle disponibili in bibliografia.

2005) rilevate precedentemente, senza la possibilità di impiegare gli strumenti tecnologicamente avanzati oggi disponibili. La tabella A riporta i principali risultati di questo confronto.

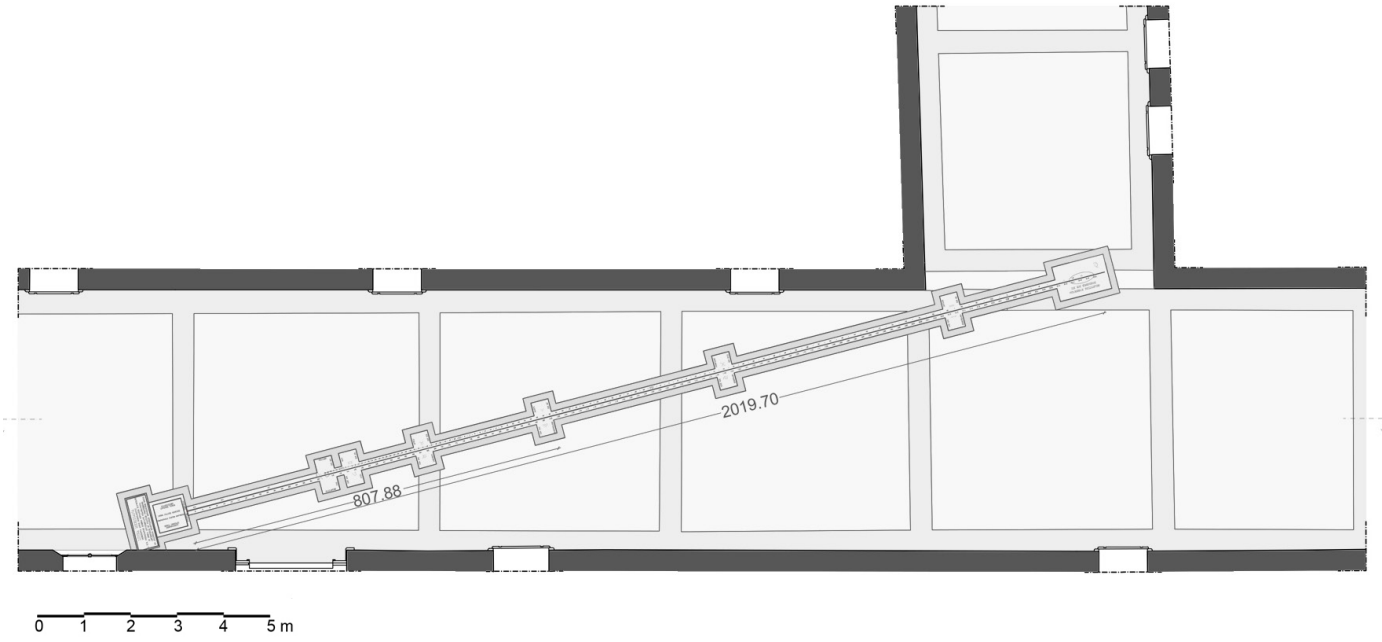
Le differenti misurazioni delle stesse distanze notevoli riportano in generale misure molto simili, che differiscono di pochi millimetri anche su lunghezze di oltre 20 metri. Tali differenze possono essere dovute ad errori nel rilevamento, imprecisioni degli strumenti utilizzati, difficolta di individuazione dei punti notevoli (ad esempio l'ellisse del solstizio estivo risulta oggi solo parzialmente visibile), nonché ad eventuali leggeri movimenti che possono aver interessato gli elementi che costituiscono il manufatto nel tempo, considerando che le misurazioni sono state realizzate a 28 e 36 anni di distanza. Risaltano però alcune differenze notevoli, soprattutto nell'ottica del funzionamento e della precisione dello strumento gnomonico, in particolare nei valori della dimensione del foro gnomonico e dell'altezza gnomonica. Il foro gnomonico, difficilmente raggiungibile trovandosi a oltre 8m di altezza, viene indicato di diametro pari a 15 mm da Paltrinieri, il quale misura la sua incisione a terra, che nuovamente misurata risulta effettivamente essere di questa dimensione. È possibile però che l'incisione non abbia

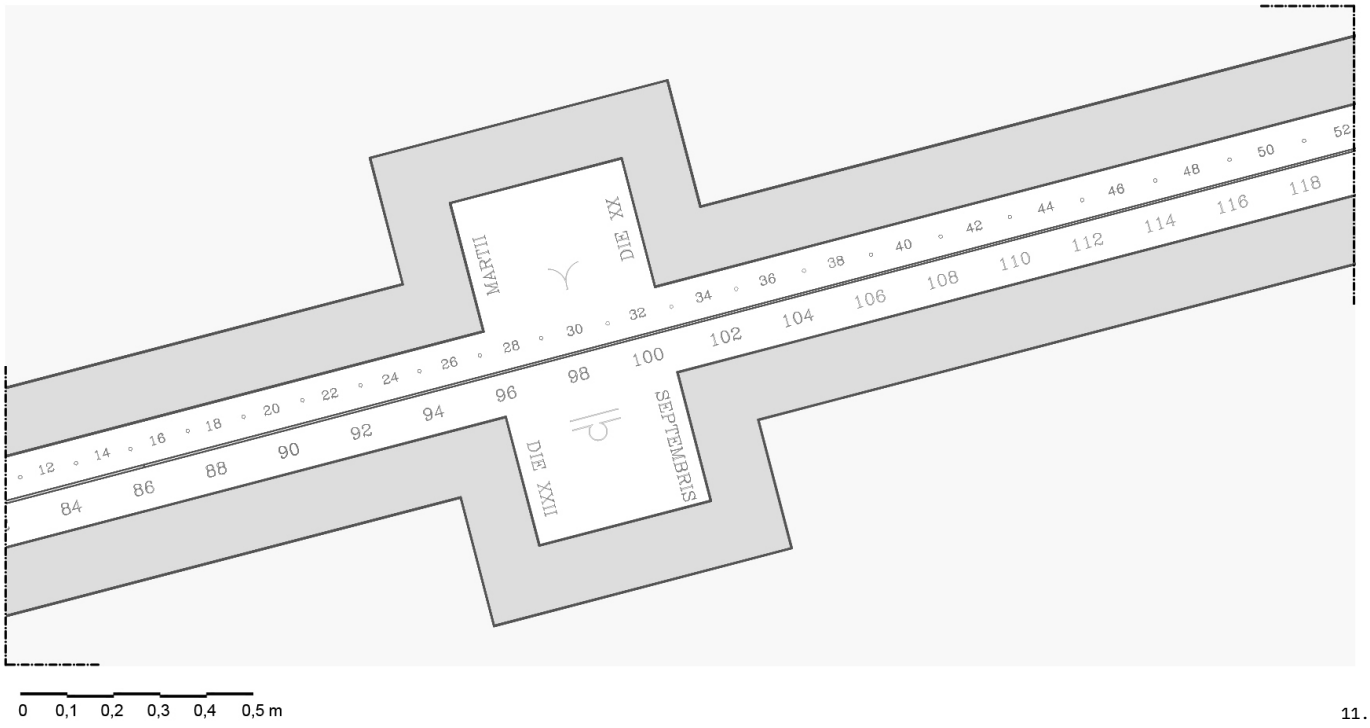
Misure notevoli dello strumento [cm]	Rilievo	Paltrinieri, Frizzoni	Differenza modello – Paltrinieri, Frizzoni	Mingardi	Differenza modello - Mingardi
Altezza gnomonica	806,5*	807,7	-1,2	797	9,5
Lunghezza linea meridiana fino al modulo 250	2019,70	/	/	**1992,50**	**27,2**
Modulo della meridiana	8,0788**	8,077	0,0018	7,97	0,1088
Inizio linea meridiana - fine ellisse solstizio invernale	2018,94	2019,43	-0,49	2019,7	-0,76
Dimensione del foro gnomonico	1,5	1,5	0	1	0,5
Posizione del centro dell'ellisse del solstizio estivo	310,81	310,68	0,13	310	0,81
Asse maggiore dell'ellisse del solstizio estivo	9,10	9,3	-0,20	\	\
Asse minore dell'ellisse del solstizio estivo	8,78	8,73	0,05	\	\
Posizione del centro dell'ellisse del solstizio invernale	1991,69	1991,66	0,03	1992,5	-0,81
Asse maggiore dell'ellisse del solstizio invernale	54,50	54,91	-0,41	\	\
Asse minore dell'ellisse del solstizio invernale	21,64	21,13	0,51	\	\

*misura rilevata con laser scanner, non coerente con la lunghezza dei 100 moduli, da verificare con ulteriori metodi (fotogrammetria da drone oppure misura diretta)

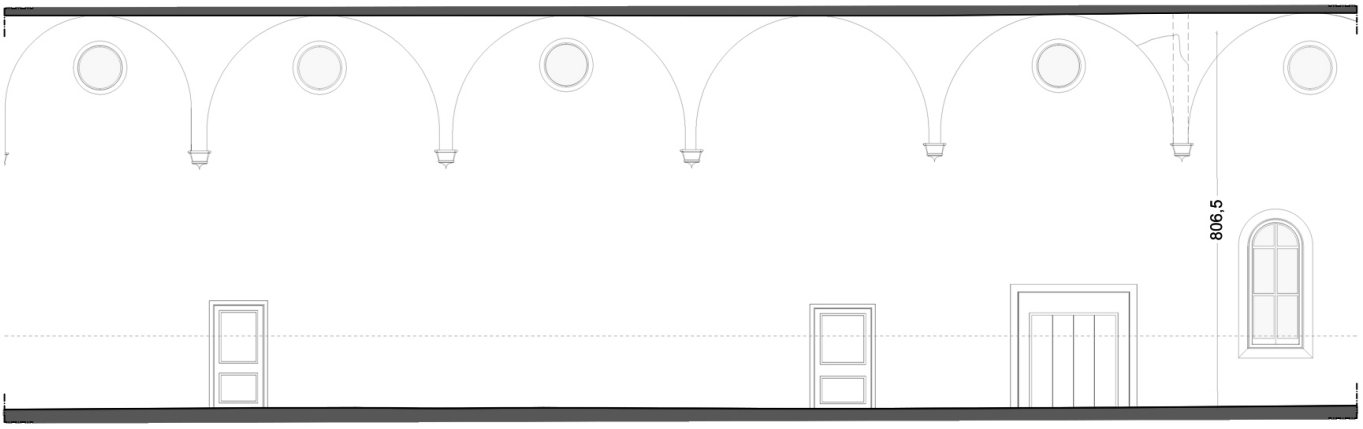
**lunghezza della linea meridiana fino al modulo "250" divisa per 250

veramente le stesse dimensioni del foro gnomonico. Mingardi indica invece il diametro del foro pari a 10 mm, anche se nel suo scritto non è precisato come sia stato misurato. Egli però mostra la verifica circa l'allineamento verticale del foro sull'inizio della linea meridiana, realizzata con un filo a piombo. È pertanto presumibile che egli sia salito alla quota del foro gnomonico e lo abbia potuto misurare da vicino. Il rilievo attualmente condotto non risulta essere sufficientemente accurato per porre soluzione alla questione. Infatti per quanto siano state utilizzate tecniche di rilievo altamente precise, il foro gnomonico si trova sempre a una notevole distanza dai punti di presa degli strumenti (laser scanner e fotocamera per la fotogrammetria digitale) pertanto dai dati ottenuti non si riesce a stabilire in maniera univoca la sua dimensione. Anche la determinazione esatta del valore dell'altezza gnomonica è resa difficoltosa dalla posizione del foro non facilmente raggiungibile. Paltrinieri fornisce un valore dell'altezza gnomonica di 807,7cm, ot-





11.



12.

tenuta misurando la lunghezza della linea meridiana dal piede della perpendicolare al centesimo modulo. Tale lunghezza sul pavimento è stata confermata dal rilievo diretto eseguito nell'ambito di questo lavoro. Mingardi indica invece un valore più basso di circa 11cm. Il rilievo laser scanner restituisce la presenza di punti fino ad un'altezza massima di 806,5cm, misura che si discosta di 12 mm da quella di Paltrinieri. Non è possibile escludere che tale differenza sia dovuta al fatto che il rilievo laser scanner abbia potuto non raggiungere la porzione più alta della strombatura della volta che arriva al foro gnomonico, trattandosi di uno spazio piuttosto piccolo in cui possono verificarsi problemi di auto-occlusione. Per le stesse ragioni geometriche, risulta altamente improbabile che il rilievo strumentale abbia potuto misurare un'altezza di 11 cm in più rispetto a quella reale, essendo presente il limite fisico della volta. Pertanto l'altezza gnomonica individuata da Mingardi, secondo gli esiti della presente ricerca, non risulta attendibile.

Realizzando una costruzione geometrica basata sui principi di funzionamento dello strumento gnomonico a partire dalle misure univocamente determinate dal rilievo, si ottiene un'altezza del foro gnomonico di 807,88 cm.[12] Tale misura potrebbe essere verificata mediante una fotogrammetria realizzata con riprese da drone, eseguita all'interno della manica lunga in prossimità del foro gnomonico.

Il modello per l'integrazione delle informazioni perdute, la divulgazione e la valorizzazione

Sulla linea meridiana erano presenti, oltre ai simboli stilizzati dei segni zodiacali, anche raffinate incisioni che li rappresentavano, che oggi risultano quasi completamente perdute a causa dell'usura del pavimento dovuta anche al fatto che per quasi un secolo la meridiana si sia trovata al centro di un reparto ospedaliero con continui spostamenti di pazienti e personale, pesanti carrelli, sedie a rotelle, stampelle, ecc. Grazie alle testimonianze fotografiche del 1916 (Delitala, 1976), queste incisioni sono state riprodotte sul modello, rendendolo depositario di informazioni non più esperibili nella consistenza fisica del manufatto [fig. 13].

Inoltre, grazie al modello digitale è possibile realizzare elaborati grafici bidimensionali e tridimensionali che possono facilitare per i visitatori la comprensione del funzionamento dello strumento [figg. 14, 15]. Infatti la meridiana è di difficile intelligibilità poiché funziona, per sua natura, solamente in pochi istanti al giorno, ad orari sempre leggermente diversi e non facilmente individuabili per il pubblico (mezzogiorno vero locale)[13] e poiché l'effetto del suo funzionamento si materializza in una macchia di luce di dimensioni contenute, la cui posizione varia nel corso dell'anno lungo circa 17 metri, e di difficile individuazione essendo l'ambiente molto luminoso. Schemi geometrici e simulazioni digitali del suo funzionamento, resi disponibili in loco, possono quindi incrementare esponenzialmente le possibilità dei visitatori di comprendere ed apprezzare lo strumento.

Nella prosecuzione della ricerca i prodotti grafici qui pubblicati ed altri di futura elaborazione potranno quindi essere resi disponibili in loco ed eventualmente anche *online* per far conoscere il patrimonio e attirare potenziali nuovi visitatori. Infine il modello digitale costituisce la materia prima di base da cui poter elaborare prodotti divulgativi come video esplicativi del funzionamento dello strumento gnomonico o applicazioni di realtà aumentata che simulino la proiezione dell'immagine solare nei differenti giorni dell'anno sulla meridiana reale.

Conclusioni

Il lavoro lascia ancora aperte prospettive future di prosecuzione della ricerca, che riguardano principalmente l'integrazione di ulteriori tecniche di rilievo, come la fotogrammetria digitale da drone (per la

11.
Pianta ottenuta dal modello tridimensionale con le principali dimensioni rilevate della meridiana: lunghezza della linea fino al modulo 250 (2019,70 cm) e lunghezza dei 100 moduli (807,88 cm). Si noti come quest'ultimo valore non sia pari all'altezza gnomonica (cfr. figura successiva), come previsto dalla costruzione geometrica-teorica dello strumento (elaborazione grafica dell'autore).

12.
Sezione longitudinale ottenuta dal modello tridimensionale con indicazione dell'altezza gnomonica rilevata: 806,5 cm (elaborazione grafica dell'autore).

13.
La restituzione sul modello HBIM delle incisioni perdute. Da sinistra: fotografie del 1916 (Delitala, 1976), estratti dell'ortofotopiano ottenuto dalla fotogrammetria digitale (rilievo ed elaborazione dell'autore), viste del modello digitale (elaborazione grafica dell'autore).

verifica dell'altezza gnomonica), e la realizzazione di diversi prodotti divulgativi. Ciò nonostante, il contributo – presentando il caso studio selezionato – ha delineato una metodologia operativa per la documentazione del patrimonio architettonico legato a fenomeni astronomici attraverso strumenti avanzati di rilievo e rappresentazione.

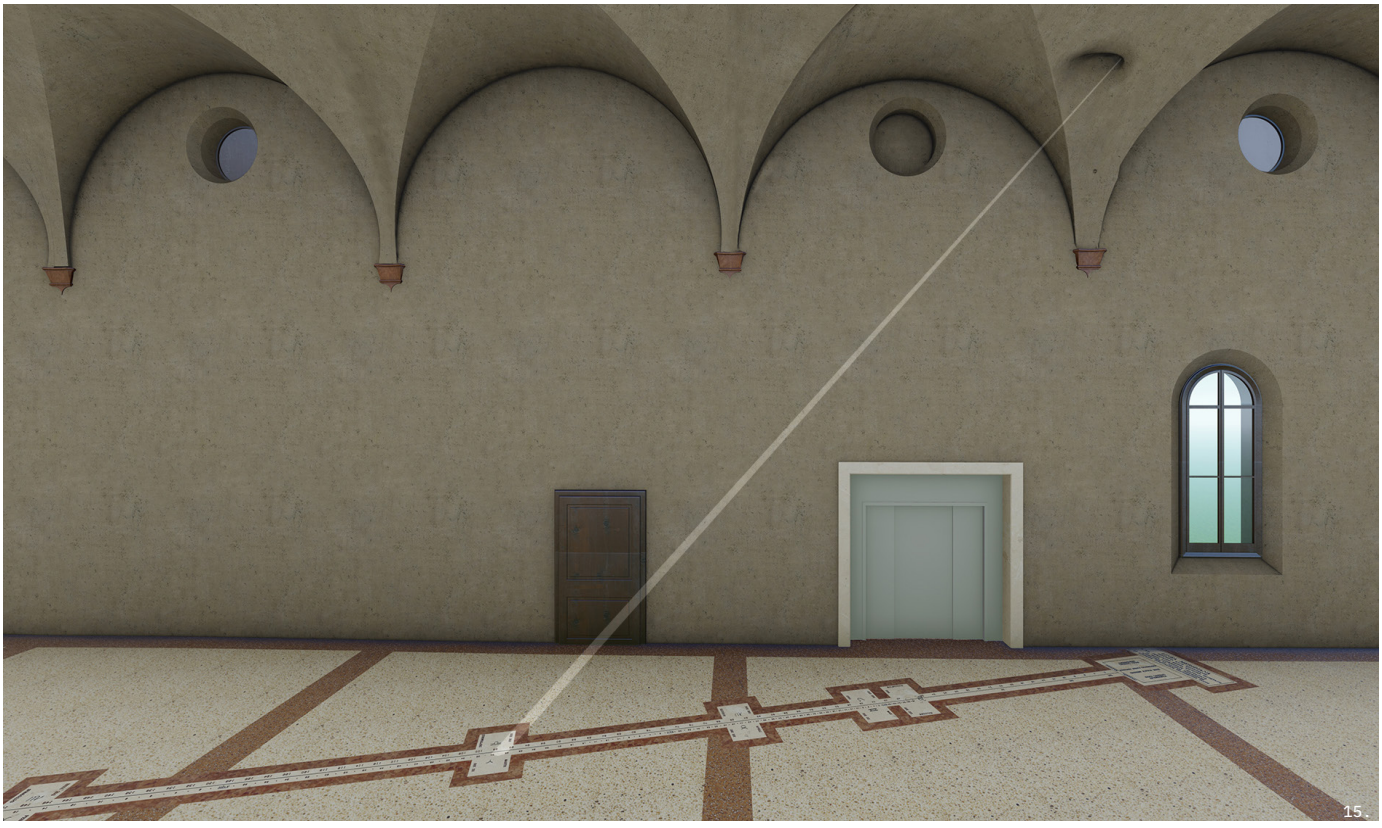
Il rilievo integrato (laser scanner e fotogrammetria digitale) e la sua restituzione su un modello digitale 3D si sono rivelati particolarmente efficaci nel dirimere alcune delle questioni più annose circa il rilievo di un manufatto di questo tipo. Nello specifico hanno permesso di individuare con precisione millimetrica l'andamento del pavimento su cui la linea meridiana è tracciata (mostrando come esso non sia esattamente orizzontale) e la posizione del foro gnomonico rispetto all'inizio della linea meridiana (evidenziando come essi non siano perfettamente allineati). Allo stesso tempo però, queste tecniche hanno rivelato alcuni limiti. Non è stato infatti possibile determinare esattamente la dimensione del foro gnomonico ed individuare la misura certa dell'altezza gnomonica. Inoltre, nonostante il rilievo accurato anche dal punto di vista materico-cromatico, si sono riscontrate alcune difficoltà nell'individuazione certa di alcuni punti notevoli dello strumento, dovute al suo stato di conservazione.

Il lavoro condotto ha evidenziato come la precisione degli strumenti di rilievo utilizzati sia un elemento di fondamentale importanza per la ricerca in questo specifico ambito disciplinare. Inoltre, le analisi effettuate hanno evidenziato come la conformazione del manufatto architettonico preso in esame sia strettamente legata alle dimensioni geometriche delle manifestazioni fisiche dei fenomeni celesti sullo spazio costruito, ricordando che questa tipologia di patrimonio architettonico ed il cielo sono strettamente connessi da rapporti dimensionali, che, per loro natura, possono essere proficuamente studiati con gli strumenti del Disegno.

14.
Vista tridimensionale del funzionamento dello strumento (elaborazione in *Lumion* e postproduzione in *Photoshop* dell'autore).

Note

1. Sul complesso monastico e la sua storia si veda anche (Malaguzzi Valeri, 1895; Zucchini, 1943; Renzi, 1971; Bertoli Bersotti, Cioni, 1996), sul suo orientamento si veda (Incerti, 2005).
2. Nel panorama bolognese, famosa è la meridiana a camera oscura della Basilica di San Petronio, la cui prima realizzazione del 1576 si deve al domenicano Egnazio Danti, che a Firenze aveva ideato per primo una meridiana in Santa Maria Novella. Una nuova meridiana fu costruita nel 1655 da Cassini (Paltrinieri, 2000; Bònoli, 2006; Fanti, 2006). In quel secolo e nel successivo molte altre meridiane sono state tracciate in complessi religiosi e palazzi privati, per scopi scientifici o per mostrare il prestigio della famiglia, tra cui quella oggetto del presente contributo. Si ricordano a seguire le meridiane a camera oscura già funzionanti a Bologna nel momento della realizzazione dello strumento gnomonico di San Michele in Bosco: Palazzo Pietramellara (Geminiano Montanari, 1674), Specola di Bologna (Eustachio Zanotti, ca. 1740), Chiesa di Sant'Andrea a Quarto Superiore (Domenico Gatti, 1767), Ex Conservatorio del Baraccano (Sebastiano Canterzani, 1778), Palazzo Agucchi-Bosdari (Giovanni Battista Guglielmini, 1787), Palazzo de' Bianchi (ignoto, metà Settecento). Le informazioni sono tratte da (Paltrinieri, 2006; Bònoli, 2021).
3. Per altri lavori di ricerca su meridiane a camera oscura al di fuori del territorio bolognese, si segnalano (Pagliano, Triggianese, Santoro, 2017; Candito, 2019).
4. Lo strumento presenta un errore di linearità ±2 mm; si rimanda alla relativa scheda tecnica per i dettagli tecnici del prodotto.
5. Campagna di rilievo realizzata il 15/05/2014 da Manuela Incerti i cui esiti sono pubblicati in (Incerti et al, 2014).
6. Campagna di rilievo realizzata il 18/03/2023 dall'autore e da Manuela Incerti.
7. I riflessi presenti sul materiale lucido del pavimento (dovuti alle finestre ed alle luci artificiali) non hanno prodotto macchie od altre difformità cromatiche evidenti sulla texture e sull'ortofoto.
8. Il nuovo codice appalti (dlgs 36/2023), confermando l'impostazione già data dal vecchio codice, stabilisce all'art. 43 che a decorrere dal 1° gennaio 2025 sarà obbligatorio procedere con "metodi e strumenti di gestione informativa digitale delle costruzioni" (metodologia BIM) per tutti gli appalti superiori a un milione di euro anche su costruzioni esistenti.
9. Tali segmenti sono stati ricalcati su una *slice* della nuvola di punti con distanza submillimetrica tra gli stessi, che costituisce quindi un dato attendibile.
10. In questa fase non è stato infatti possibile realizzare una fotogrammetria aerea da drone per rilevare precisamente le coperture, pertanto esse sono state rappresentate sulla base di precedenti rilievi resi disponibili dall'Ospedale e integrate nei dettagli sulla base di fotografie aeree e riprese video precedentemente realizzate con droni a fini pubblicitari. Questa parte del rilievo costituisce quindi sicuramente un ambito di prosecuzione futura della ricerca.
11. 1 piede bolognese = 38,0098 cm
12. Per la spiegazione dei calcoli eseguiti si rimanda al contributo dell'autore e di Manuela Incerti e Georg Zotti, edito nello stesso volume.
13. La sua variazione avviene in ragione della latitudine e dell'equazione del tempo.



15.
Sezione prospettica della meridiana (elaborazione in *Lumion* e postproduzione in *Photoshop* dell'autore).

Bibliografia

Amodeo, F. (1905). *Vita matematica napoletana: Studio storico, biografico, bibliografico, Parte 1.* Napoli: Tip. F. Giannini e Figli.

Arnaldi, M. (2006). Le ore italiane. Origine e declino di uno dei più importanti sistemi orari del passato (prima parte). In *Gnomonica Italiana*, Anno IV, n. 11.

Bònoli, F. (2006). 350 anni della grande meridiana di Cassini in San Petronio. In *Giornale di Astronomia*, vol. 32, n. 1.

Bònoli, F. (2021). *Bologna astronomica. Le vie delle stelle*. Bologna: Persiani.

Bertoli Barsotti, A. M., Cioni, A. (1996). L'istituto Rizzoli in San Michele in Bosco (1896-1996). Milano: Silvana Editoriale.

Càndito C. (2019). Genova, Misurare il tempo. La meridiana del gesuita Corréard in via Balbi. Ananke. In *Quadrimestrale di cultura, storia e tecniche della conservazione per il progetto,* 86, pp. 102–105.

Costa, M., Bonetti, L. (2017). Linear Perspective and Framing in the Vista Paradox. In *Perception*, 46(11), pp.1245–1268.

Delitala, F. (1976-77). La Meridiana di S. Miche in Bosco a Bologna. In *Rendiconti, Atti dell'Accademia delle Scienze, Istituto di Bologna*, Serie XIII, Tomo IV.

Fanti, M. (2006). Giovanni Domenico Cassini e la Fabbrica di San Petronio in Bologna: nuovi documenti. In *Giornale di Astronomia*, vol. 32, n. 1.

Gargano, M. (s.d.). *Ferdinando Messia de Prado*. <https://www.beniculturali.inaf.it/opac/astronomi/ferdinando-messia-de-prado> (consultato il 29 aprile 2023)

Heilbron, J. L. (2005). *Il sole nella Chiesa. Le grandi chiese come osservatori astronomici*. Bologna: Editrice Compositori.

Ferrari, G. (2006). L'immagine del Sole nelle meridiane a camera oscura. In *Giornale di Astronomi*a, vol. 32, n. 1

Incerti, M. (1999). *Il disegno della luce nell'architettura cistercense. Allineamenti astronomici nelle abbazie di Chiaravalle della Colomba, Fontevivo e San Martino de' Bocci.* Firenze: Certosa Cultura.

Incerti M. et al. (2014). Rilievo, conoscenza e comunicazione: il complesso di san Michele in Bosco e il Chiostro ottagonale del Carracci. Survey, insight and communication: the complex of San Michele in Bosco and the Octagonal Cloister by Carracci. In *Italian survey & international experience*, pp. 341-350. Roma: Gangemi

Incerti, M. (2005). Il monastero di San Michele in Bosco a Bologna: gli orientamenti e le possibili ragioni. In Girotto V., Rosada G. (a cura di). I*l Cielo in Terra ovvero della giusta distanza. Atti del XIV Convegno della Società Italiana di Archeoastronomia (SIA)*. Padova: Padova University Press, pp. 89-99.

Incerti, M., Foschi, P. (2021). Pietro Fiorini e la prospettiva su Bologna/Pietro Fiorini and the perspective on Bologna. In Arena A., Arena M., Mediati D., Raffa P. (a cura di). *Connettere. Un disegno per annodare e tessere. Linguaggi Distanze Tecnologie. Atti del 42° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Connecting. Drawing for weaving relationship. Languages Distances Technologies. Proceedings of the 42th International Conference of Representation Disciplines Teachers.* Milano: Franco Angeli, pp. 783-804.

Malaguzzi Valeri, F. (1985). *La chiesa ed il convento di S. Michele in Bosco.* Bologna: Tipografia Fava e Garagnani.

Mesturini, G. (2005). Meridiane italiane a camera oscura: aggiornamenti. In *Atti del XIII Seminario Nazionale di Gnomonica*. Lignano (UD) 8-10 aprile 2005.

Mingardi, G. (1987). *La Meridiana del tempio di San Michele in Bosco in Bologna di Ferdinando Messia (1788). Controlli di livellamento, angolazioni e transito del sole sulla linea meridiana eseguiti da Gualtiero Mingardi per l'anno 1987*.

Olostro Cirella, E. (1995). Per una storia dell'Osservatorio Astronomico di Capodimonte: gli anni dal 1735 al 1812. In Proverbio, E. (a cura di) A*stronomical Observatories and Institutions in Italy. Memorie della Società Astronomica Italiana 1995.* Milano, 21 - 22 aprile 1995, vol. 66° - 4, pp. 795-812.

Pagliano A., Triggianese A., Santoro L. (2017). Geometry and the Restoration of Ancient Sundials: Camera Obscura Sundials in Cava de' Tirreni and Pizzofalcone. In *Nexus Network Journal: Architecture and Mathematics*, vol. 19, n.1, pp. 121–143.

Paltrinieri, G., Frizzoni, I. (1995). *Merdiane e Orologi Solari di Bologna e provincia*. Bologna: L'Artiere Edizionitalia.

Paltrinieri, G. (2000). *La meridiana del tempio di S. Petronio in Bologna*. Bologna: Arnaldo Forni Editore.

Paltrinieri, G. (2006). Le meridiane a "camera oscura" della città di Bologna. In *Giornale di Astronomia*, vol. 32, n. 1.

Renzi, R. (1971). *San Michele in Bosco. Otto secoli sul colle di Bologna*. Bologna: Poligrafici Luigi Parma.

Zucchini, G. (1943). San Michele in Bosco di Bologna. In *L'Archiginnasio. Bollettino della Biblioteca Comunale di Bologna*, Anno XXXVIII, Num, 1-6.

Foro gnomonico della meridiana di San Michele in Bosco (Foto di Gianmarco Mei).

La simulazione della luce nei modelli digitali con valore astronomico: strumenti a confronto

Abstract

Il contributo intende indagare le potenzialità ed i limiti dei differenti software disponibili nella simulazione della luce nei manufatti con valore astronomico, confrontando gli esiti dei prodotti diffusi prevalentemente in ambito architettonico con il planetario virtuale *Stellarium*. Si intende analizzare, con un approccio multidisciplinare, l'accuratezza offerta dai diversi strumenti e il grado di facilità di utilizzo, con lo scopo di individuare i possibili ambiti di applicazione e le relative metodologie operative.

The chapter intends to investigate potentials and limits of the different software available in the simulation of light in artifacts with astronomical value, comparing the results of products commonly used in the architectural field with the virtual planetarium *Stellarium*. It intends to analyse, with a multidisciplinary approach, the accuracy offered by different tools and the level of user-friendliness, with the aim of identifying the possible areas of application and the related operating methodologies

Parole chiave

simulazione della luce
modelli digitali 3D
archeoastronomia
rendering
Stellarium

Manuela Incerti
Università degli Studi di Ferrara
→ manuela.incerti@unife.it
Gianmarco Mei
Università degli Studi di Ferrara
→ gianmarco.mei@unife.it
Georg Zotti
Ludwig Boltzmann Institute for Archaeological Prospection and Virtual Archaeology
→ georg.zotti@archpro.lbg.ac.at

Introduzione

Uno degli aspetti principali del patrimonio architettonico con implicazioni astronomiche riguarda la proiezione della luce sulle superfici, come espressione fisica e tangibile di fenomeni celesti sulla realtà materiale. Gli effetti che la luce solare genera all'interno della composizione di queste architetture è spesso portatrice di messaggi e significati.

I software di rendering consentono la simulazione della luce solare per una certa data, ora e località, identificata attraverso le sue coordinate, e per questo sono strumenti utili per analizzare gli effetti della luce nei manufatti del patrimonio architettonico con valore astronomico. Questi software, oggi ampiamente utilizzati in ambito professionale, possono tuttavia presentare alcune limitazioni nel loro funzionamento per questo specifico campo di ricerca. Ad esempio, spesso è disponibile un intervallo di date limitato per le simulazioni (Zotti 2015), che potrebbe non consentire di eseguire analisi per artefatti costruiti in date molto lontane nel tempo. Questa condizione può essere risolta in parte trovando opportune corrispondenze tra calendario astronomico, calendario giuliano e calendario gregoriano. Tuttavia, anche le declinazioni estreme del Sole ai solstizi variano leggermente nel tempo ed i dati relativi ad epoche antiche non possono essere simulati con sistemi applicabili solo fino al secolo in corso.

In questo contesto si inserisce il software *Stellarium*[1],un planetario virtuale open-source disponibile per computer desktop, che utilizza OpenGL per fornire una rappresentazione del cielo in tempo reale. Con *Stellarium* è possibile vedere oggetti alla portata di grandi telescopi – oltre 600.000 stelle del catalogo Hipparcos e del catalogo Tycho-2, cataloghi supplementari con oltre 210 milioni di stelle, costellazioni appartenenti a decine di culture diverse, pianeti del sistema solare con i rispettivi satelliti principali – e grazie al suo plugin *3D Sceneries* (Zotti e Neubauer 2012), è possibile caricare modelli digitali tridimensionali al suo interno e vivere una visione in prima persona del modello architettonico sotto il cielo del suo periodo di costruzione (Zotti et al., 2021).

Principi scientifici e questioni di metodo

Gli oggetti architettonici presi in considerazione in questo lavoro di ricerca sono molto differenti tra loro per morfologia, datazione e committenza trattandosi del Mausoleo di Teodorico (Ravenna) e dell'imponente corridoio di san Michele in Bosco (Bologna), ambiente in cui fu realizzata una meridiana a camera oscura nel 1788.

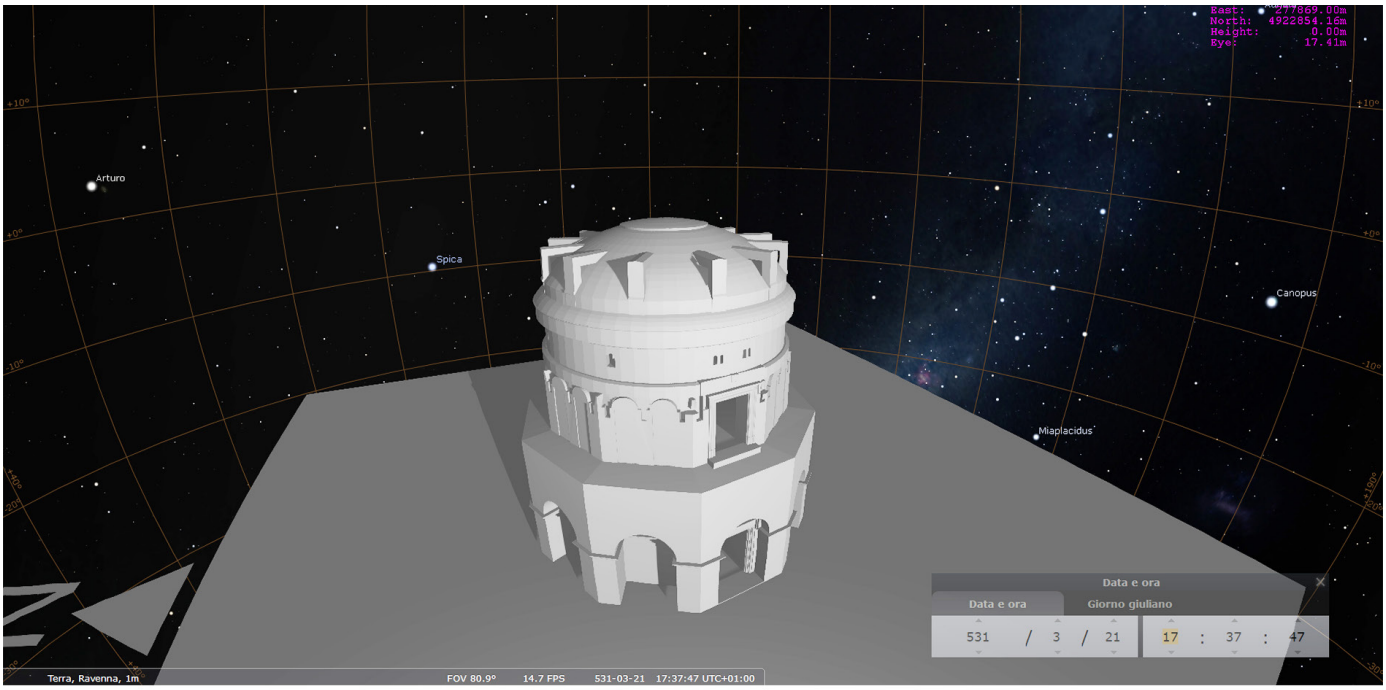
Secondo il documento *Anonymus Valesii*, il Mausoleo fu realizzato dallo stesso Teodorico prima della sua morte avvenuta il 30 agosto 526 d.C. e, cosa rara per l'epoca, fu costruito con blocchi accuratamente squadrati coperti da un "*saxum ingentem*" che il re fece cercare apposta[2]. Il sistema delle piccole finestre, inserite con rigore nel progetto stereotomico delle murature, è composto da 17 bucature ripartite tra i due livelli. In lavori precedenti è stata analizzata la presenza di fenomeni luminosi in momenti rilevanti dell'anno astronomico attraverso l'andamento delle macchie solari sulle superfici orizzontali e verticali e anche sulla grande vasca monolitica posta al piano superiore. In particolare sono stati messi in evidenza gli effetti legati alla finestra cruciforme e alle quattro strette feritoie poste sopra la porta nei giorni degli equinozi. La presenza di aperture molto piccole, unitamente alla recente realizzazione di porte metalliche traforate, rende possibili delle condizioni di penombra in grado di poter valorizzare gli aspetti percettivi degli eventi luminosi.

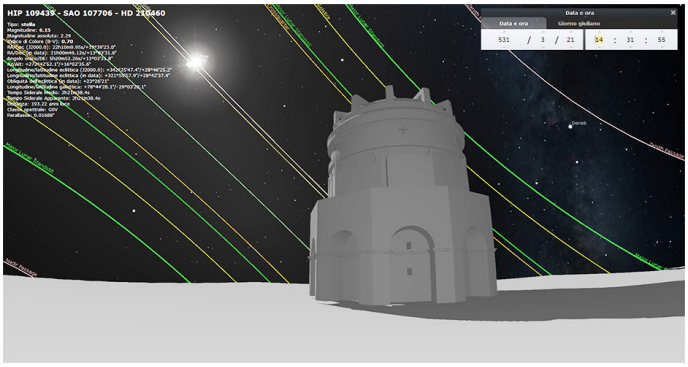
Il secondo caso di studio riguarda invece il dispositivo solare dell'antico monastero olivetano di San Michele in Bosco[3]. Questo manufatto appartiene alla particolare tipologia di orologi solari in grado di indicare esclusivamente il mezzogiorno locale per ogni giorno dell'anno, cioè il passaggio del Sole sul meridiano locale. In questi reperti[4] i raggi solari penetrano all'interno dell'ambiente e intersecano il piano del pavimento formando una macchia di luce di forma ellittica che si muove con andamento trasversale rispetto alla linea nord-sud disegnata. Pur se il loro funzionamento è semplice dal punto di vista geometrico – Vitruvio lo illustra nel IX libro del De *Architectura*[5] – in realtà questo sofisticato strumento coinvolge aspetti geometrici, ottici, fisici, astronomici e fisiologici[6].

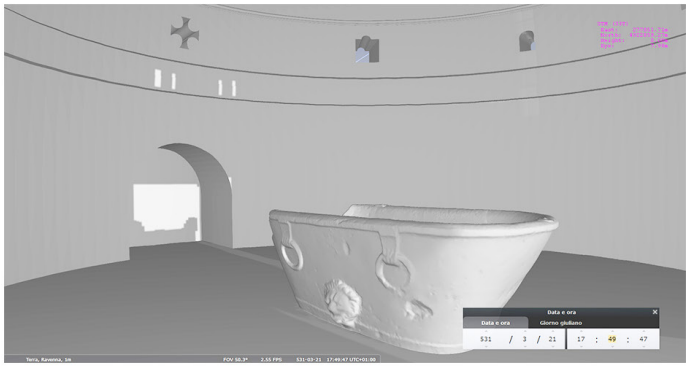
L'immagine luminosa viene prodotta attraverso il principio geometrico della camera oscura in cui un foro stenopeico permette l'ingresso della luce che si proietta su una superficie. L'esito di questa proiezione dipende dal rapporto tra la distanza tra foro-immagine e il diametro del foro che consente il passaggio dei raggi luminosi. Nel caso questo rapporto sia rappresentato da un valore numerico molto alto[7] il foro può essere considerato puntiforme, l'immagine prodotta è uguale all'oggetto ed è presente nel contorno una fascia di penombra la cui dimensione è pari a quella del diametro del foro (Ferrari 2006, p. 38). Per le meridiane a camera oscura l'oggetto che si proietta attraverso il foro è il Sole stesso la cui dimensione angolare media è pari a 32'; in virtù di questo valore il fascio di luce può essere considerato conico e la sua sezione, con il classico piano orizzontale, un'ellisse. È possibile infine notare che sulla nitidezza e sulla dimensione dell'immagine prodotta intervengono, oltre ai principi dell'ottica geometrica, anche la natura ondulatoria della luce che dà luogo al fenomeni di diffrazione[8].

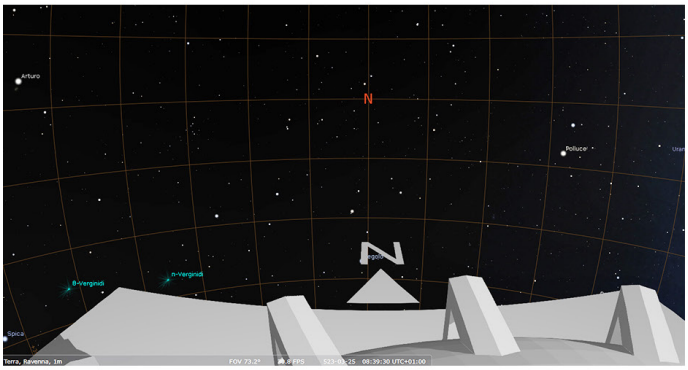
I due casi-studio si differenziano dunque tra di loro per la morfologia delle aperture (piccole in un caso, puntiformi nell'altro), dal rapporto ottenuto

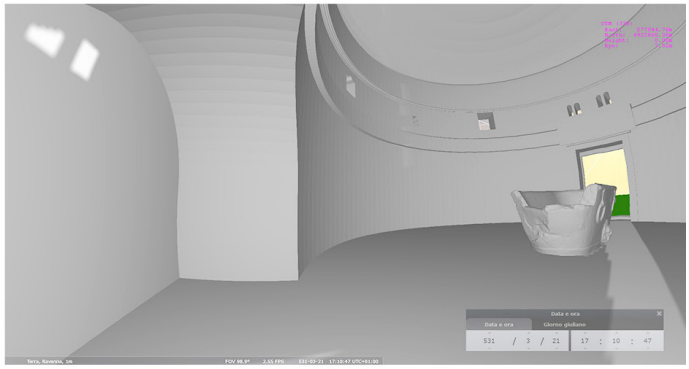
1.
Il modello del Mausoleo di Teodorico nel software *Stellarium* (modello di Stefania Iurilli, implementazione sul software di Georg Zotti, interrogazione software Manuela Incerti).

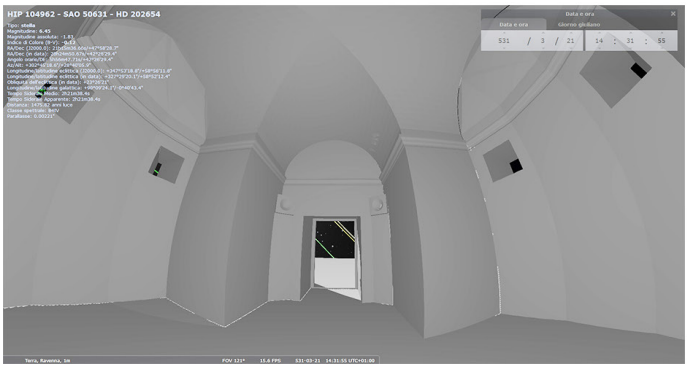

East: 4922869.00m
North: 4922854.16m
Height: 0.00m
Rye: 17.41m
Arturo
Spica
Canopus
Miaplacidus
Data e ora
Data e ora
Giorno giuliano
531 / 3 / 21
17 : 37 : 47
Terra, Ravenna, 1m
FOV 80.9°
14.7 FPS
531-03-21 17:37:47 UTC+01:00

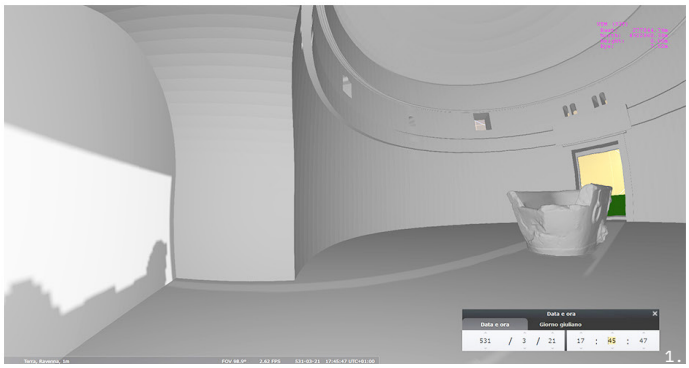

HIP 109439 - SAO 107706 - HD 208460
Data e ora
Giorno giuliano
531 / 3 / 21
14 : 31 : 55


Data e ora
Giorno giuliano
531 / 3 / 21
17 : 49 : 47


Arturo
N
Pollucе
β-Virginis
η-Virginis
Spica
Terra, Ravenna, 1m


Data e ora
Giorno giuliano
531 / 3 / 21
17 : 10 : 47

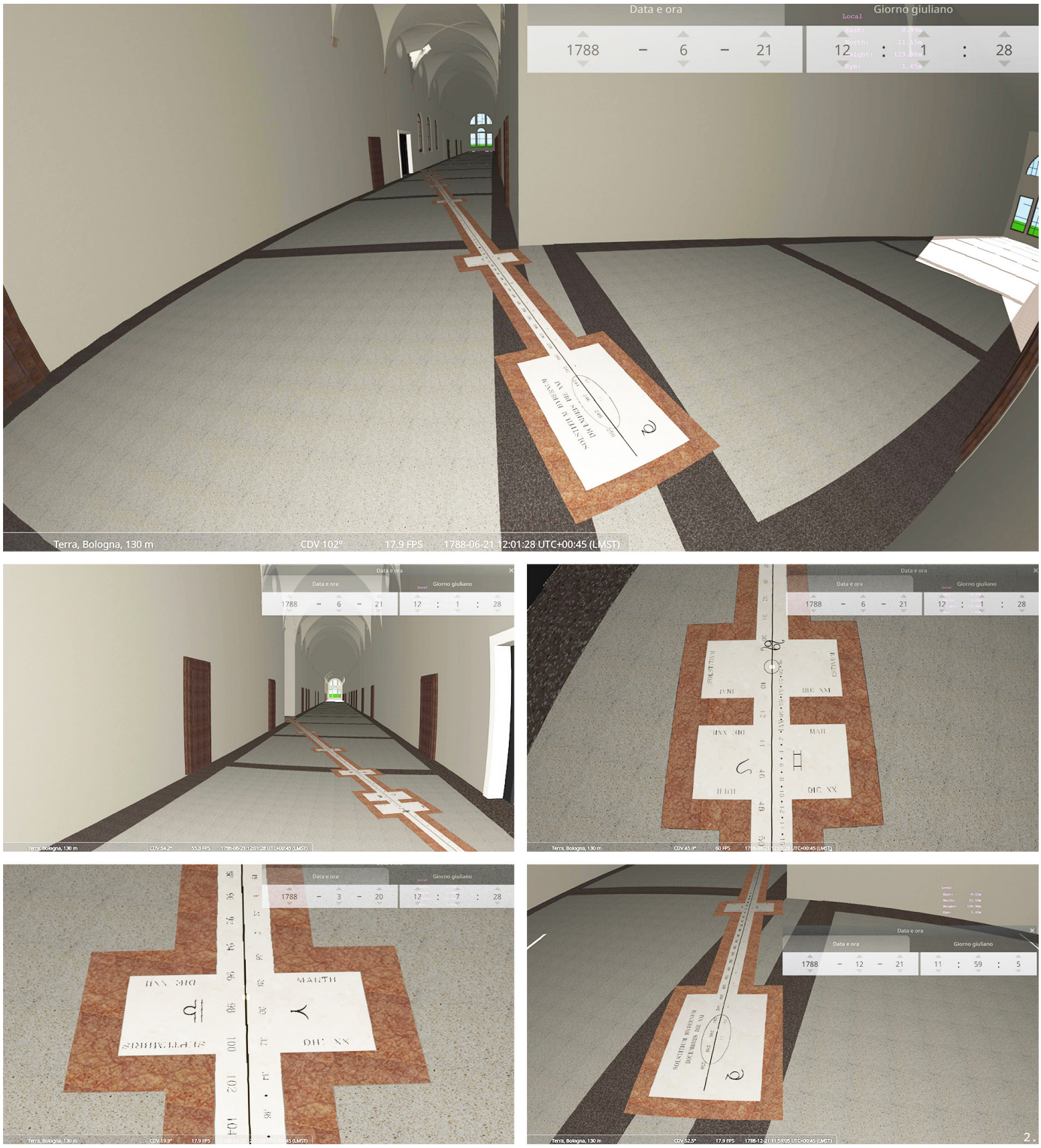

HIP 104962 - SAO 50631 - HD 202654
Data e ora
Giorno giuliano
531 / 3 / 21
14 : 31 : 55


Data e ora
Giorno giuliano
531 / 3 / 21
17 : 45 : 47

relazionando la distanza tra apertura-immagine e la dimensione dell'apertura (esiguo oppure elevato) e, infine, per gli scopi alla base di questa intenzionalità (eventi ierofanici oppure misura scientifica del tempo).
Ciò premesso, la sperimentazione applicativa di questo contributo può essere ricondotta alle ultime due delle quattro fasi della ricerca di seguito elencate:

1) rilievo avanzato con precisione millimetrica e sua restituzione 2D e 3D;
2) rilievo dell'orientamento astronomico;
3) analisi della luce attraverso strumenti geometrici (2D e 3D);
4) analisi e verifica del dato attraverso motori di rendering su modelli ottimizzati.

Per ciascuna di queste fasi dovrebbe essere resa di-



2.
La meridiana di San Michele in Bosco su software *Stellarium* (modello di Gianmarco Mei, implementazione sul software di Georg Zotti, interrogazione software Manuela Incerti).

sponibile la qualità del dato prodotto (per esempio il tipo di rilievo e le sue modalità di acquisizione, la scala di restituzione, il livello di ottimizzazione in fase di modellazione, etc.), le tipologie e il grado di accuratezza delle analisi geometriche e, infine, le impostazioni di settaggio delle luci nei software di rendering[9].
Nell'ambito delle ricerche prodotte dal settore scientifico-disciplinare le possibilità offerte dalla modellazione tridimensionale hanno certamente semplificato e reso più efficaci le operazioni di analisi geometrica dei dati astronomici. Diversi dei lavori prodotti trattano inoltre delle simulazioni con motori di renderig degli effetti della luce su beni o architetture con valore archeoastronomico anche ai fini della comunicazione dei contenuti, mediante la produzione di immagini fotorealistiche tridimensionali e di video[10]. L'interesse che guida questo contributo concerne tuttavia esclusivamente le fasi di controllo del dato astronomico, ed esula perciò da tutti gli aspetti percettivi e qualitativi che normalmente sono tenuti in considerazione nella produzione dei rendering[11].

I rilievi e gli elaborati grafici prodotti

Entrambi gli edifici sono stati rilevati con laser scanner Faro e fotogrammetria digitale. Per le specifiche sul primo rilievo e sui dati di modellazione si rimanda ai lavori già pubblicati (Incerti, Lavoratti 2016; Incerti, Lavoratti, Iurilli 2017; Incerti et al. 2016) in cui sono descritti anche gli esiti delle prime sperimentazioni condotte su questo tema di ricerca.
La meridiana di San Michele in Bosco è stata rilevata nel 2023 mediante laser scanner Faro X330 e fotogrammetria digitale elaborata con il software *Metashape* (*Agisoft*)[12]. I dati di rilievo sono stati utilizzati per realizzare il modello 3D HBIM (la cui realizzazione è dettagliatamente descritta in un altro contributo edito in questo stesso volume), e per realizzare la sezione 2D passante sul piano del meridiano, individuabile attraverso la linea metallica inserita nel pavimento. Per verificare la correttezza e la coerenza dei disegni elaborati in 2D e 3D sono state costantemente messe a confronto le misure generali e, in conclusione, gli esiti dell'analisi astronomica.

Il planetario virtuale *Stellarium*

Stellarium è un planetario desktop generale, disponibile per Windows, Linux e MacOS, che mira a fornire una simulazione realistica dello schermo desktop di ciò che è visibile in cielo. Viene utilizzato principalmente dagli astrofili per pianificare ed eseguire le loro attività notturne. La natura *open-source* di *Stellarium* ha consentito l'aggiunta di un'estensione del programma (*plugin*) per il rendering 3D dell'architettura, eventualmente circondata da un terreno, per indagare le relazioni tra costruzioni realizzate dall'uomo ed eventi astronomici come albe o tramonti solstiziali (Zotti e Neubauer 2012). Si può studiare non solo la geometria rispetto alle viste astronomiche nei cieli ricostruiti di epoche passate, ma anche i fenomeni di luce e ombra (Zotti et al., 2019b, 2020). Un altro plugin dedicato alla ricerca di astronomia culturale, *ArchaeoLines*, mostra le tracce diurne del Sole ai solstizi e in altri periodi, gli estremi della luna e molte altre linee di questo tipo (Zotti, 2016). Il *plugin Calendars* fornisce le date in una moltitudine di calendari, che possono essere utili anche per gli studi culturali. Solo di recente è stata completata una serie decennale di miglioramenti della precisione (Zotti e Wolf, 2022).

Interoperabilità di *Stellarium*

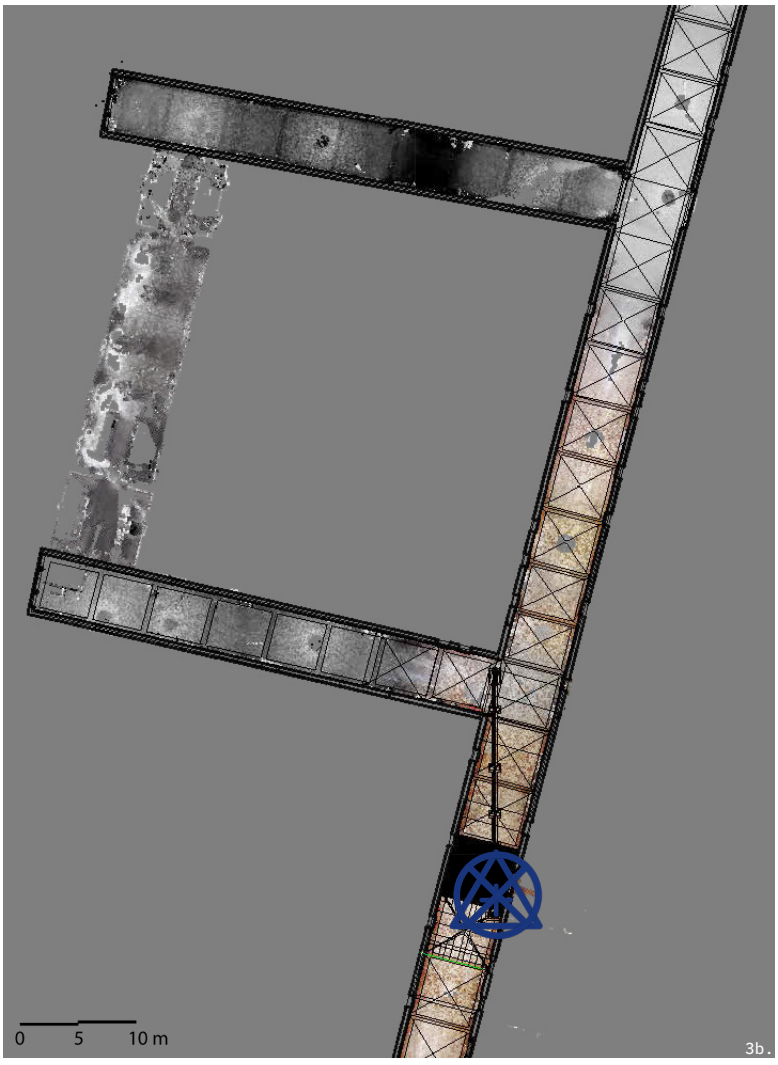
Stellarium utilizza il classico formato *Wavefront OBJ* per i modelli 3D con materiali descritti in un file *MTL*. Entrambi sono basati su un formato di testo e consentono modifiche manuali. Sono supportate solo semplici primitive geometriche (triangoli, quadrati), dunque non è possibile utilizzare nessuna curva *NURBS* o *bspline*. Nelle applicazioni sono stati impiegati con successo modelli con diversi milioni di triangoli su notebook da *gaming* di fascia media.
Come la maggior parte dei motori di rendering 3D, anche *Stellarium* non è in grado di gestire l'intero dominio delle coordinate UTM. Queste devono essere trasformate nel dominio dei numeri in virgola mobile a precisione singola con circa 7-8 cifre significative (Zotti, 2019a). Di solito può essere applicato un semplice spostamento. In alternativa, i modelli possono essere creati in coordinate locali. In ogni

3a.
il posizionamento del punto base di progetto e del punto di rilievo sul modello 3D realizzato sulla nuova di punti sul software *Revit*. A destra: ottimizzazione della mesh della volta con il foro gnomonico sul software *Rhinoceros* (elaborazioni grafiche di Gianmarco Mei).

caso l'individuazione rigorosa della direzione del nord astronomico è cruciale. Dalle coordinate UTM naturali, l'offset del nord causato dalla convergenza dei meridiani può essere calcolato automaticamente o impostato manualmente nel file di configurazione della scena che deve contenere anche le coordinate geografiche della posizione del modello per fornire il cielo corretto per la relativa posizione.
I difetti nella modellazione possono essere parzialmente corretti nel file di definizione del materiale (MTL) mediante il rendering delle facce posteriori, tuttavia le superfici chiuse con le normali dei vertici correttamente configurate funzionano meglio. Un'estensione del materiale personalizzata consente anche di mostrare parti di un modello solamente in uno specifico intervallo temporale, a seconda della data di simulazione scelta (Zotti et al., 2018). In generale, le definizioni dei materiali esportate dai software di modellazione commerciali richiedono spesso un intervento manuale.
Il modello della meridiana del monastero di San Michele in Bosco è stato realizzato in ambiente *HBIM* con il software *Revit 2022*. Per garantirne l'interoperabilità con *Stellarium* è stato necessario realizzare alcuni accorgimenti. Prima di tutto, il *Punto Base di Progetto* e il *Punto di Rilievo*, cioè gli elementi basilari per definire l'orientamento del modello e identificare le sue coordinate da trasferire in *Stellarium*, dovevano essere collocati in una posizione riconoscibile. Entrambi sono stati collocati all'inizio della linea della meridiana, idealmente posizionati sulla proiezione verticale del foro gnomonico, in modo che il modello abbia origine in questo punto notevole di cui si conoscono le coordinate terrestri [fig. 3]. Inoltre, il *Nord di Progetto* in *Revit* è stato orientato coerentemente al nord geografico nella realtà, in modo che il nord abbia la direzione della linea meridiana e verso dall'inizio della linea stessa alla sua fine. In questo modo il modello 3D può essere georeferenziato in *Stellarium*.
Come accennato in precedenza, il *plugin 3D Scenery* richiede un modello .obj, ma non consentendo *Revit* l'esportazione in questo formato, si è passati prima dal formato .fbx poi aperto in *Rhinoceros* 7. Qui l'ottimizzazione del modello e l'assegnazione delle *texture* è avvenuta come descritto di seguito.
La volta dove è posto il foro gnomonico è stata modellata con una *mesh* con numero elevato di poligoni, ottenuta dalla nuvola di punti del laser scanner. Questa *mesh*, non solo era difficile da caricare su *Stellarium* in ragione del peso del dato, ma presentava anche alcuni errori che causavano problemi nella sua visualizzazione sul planetario digitale. La *mesh* è stata corretta e il numero delle sue facce ridotto con gli strumenti di elaborazione automatica disponibili su *Rhinoceros*. Inoltre le direzioni delle normali sono state unificate e invertite per puntare verso l'interno, al fine di evitare problemi nella visualizzazione delle *texture* sulle facce posteriori della *mesh* in *Stellarium* [fig. 3]. Infine il modello è stato texturizzato su *Rhinoceros* tramite i comandi materiali, è stato esportato in formato .obj ed aperto su *Stellarium* [fig. 2].

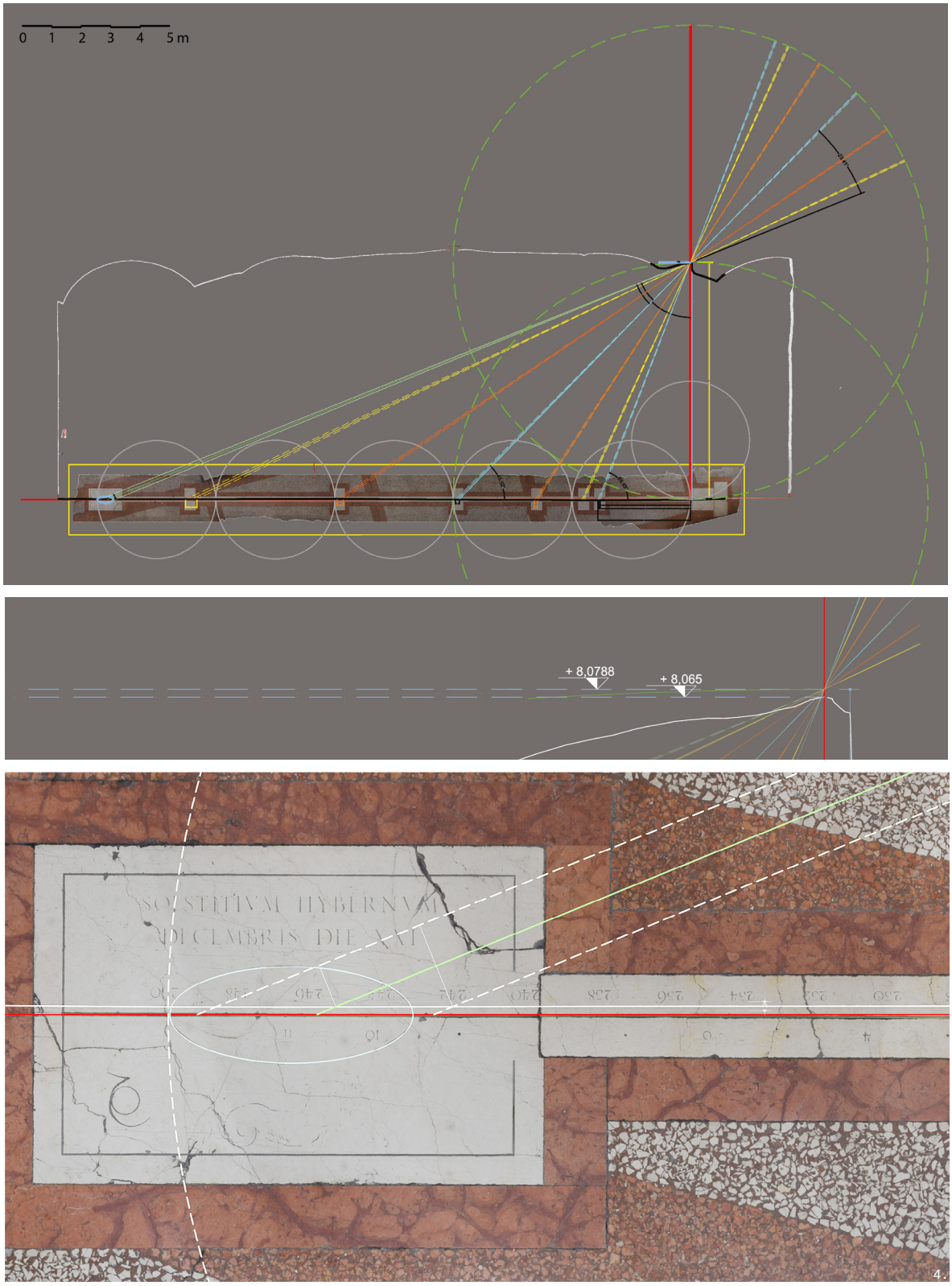
Esiti dell'analisi del modello della meridiana

Per le ragioni già ricordate, nello spazio 2D la simulazione del raggio luminoso è stata realizzata mediante l'intersezione con il piano orizzontale di un cono con vertice nel foro gnomonico e angolo al vertice di 32'. L'inclinazione dell'asse del cono varia, di giorno in giorno, ed è pari all'altezza del Sole nell'istante del mezzogiorno locale.
La lunghezza totale dell'intera linea, suddivisa nelle canoniche 250 parti, è di 20,197 metri[13]. Ciascun modulo dovrebbe dunque misurare 0,080788 m, e l'altezza corrispondente del foro dovrebbe essere di 8,0788 m (100 moduli) dato che differisce dalla misura rilevata di 13 mm[14]. Trovandosi il foro gnomonico in una posizione inaccessibile, non è stato possibile realizzare ulteriori verifiche metriche; possono tuttavia essere svolti alcuni ragionamenti geometrici



3b. Ottimizzazione della mesh della volta con il foro gnomonico sul software *Rhinoceros* (elaborazioni grafiche di Gianmarco Mei).

così come applicare alcuni calcoli astronomici utili alla comprensione dello stato di fatto.
L'analisi della sezione sottile della slice della nuvola di punti restituisce un andamento del pavimento del corridoio molto diversa dall'orizzontale: la differenza tra la quota dei due estremi del lungo ambiente (che misura circa 162,5 m) è di 0,87 m. La pendenza del pavimento nel tratto della meridiana è tuttavia quasi nulla, anche se la sua parte finale, in prossimità del solstizio invernale, si rialza di 18 mm.
La proiezione sul pavimento del foro gnomonico con diametro di 15 mm ci consente, inoltre, di evidenzia-



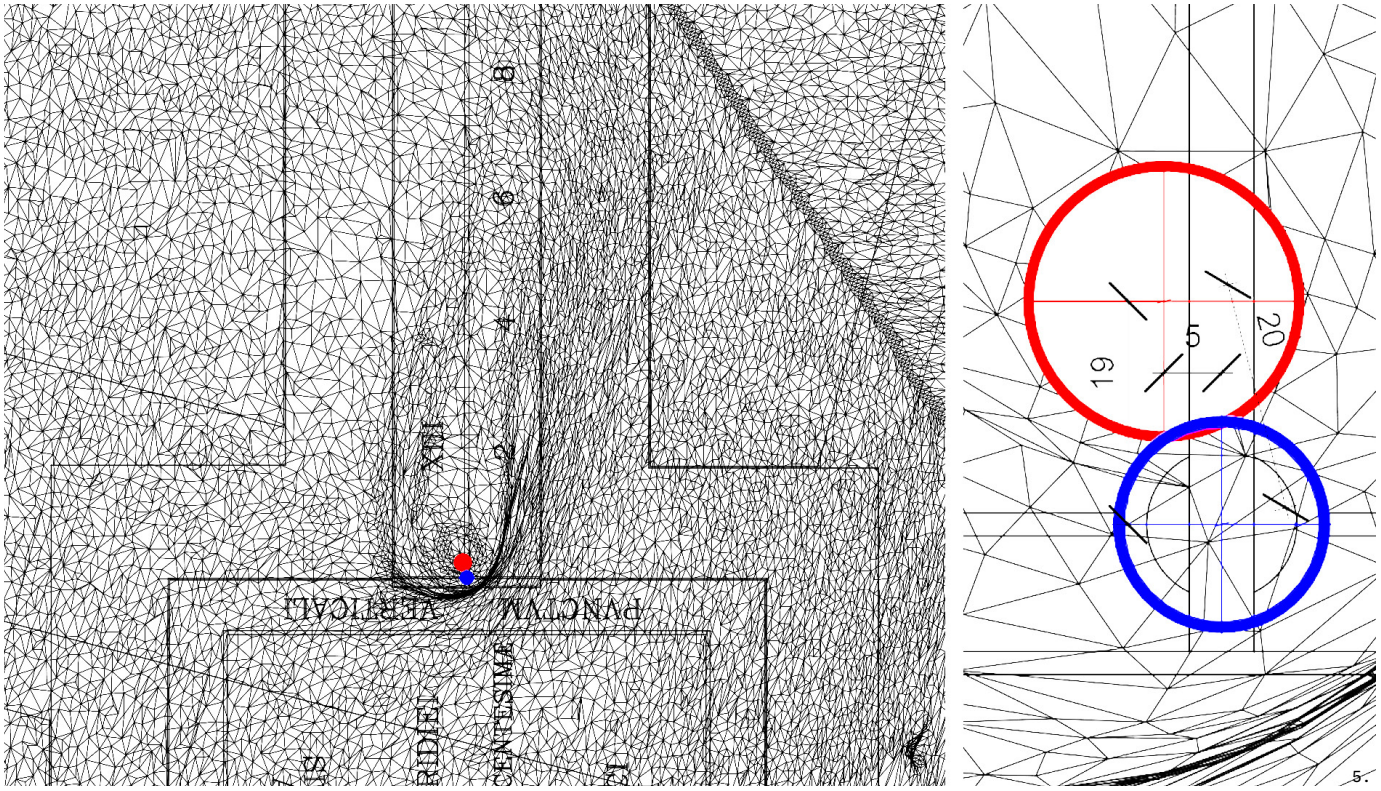
4.
Analisi 2D della proiezione dell'immagine solare sulla meridiana a partire dai dati di rilievo (slice della nuvola di punti del rilievo laser-scanner e ortofoto ottenuta dalla fotogrammetria digitale). Si noti che, anche per un'altezza ipotetica di 8,0788 m (13 mm superiore a quella misurata), l'inclinazione dei raggi del solstizio d'inverno non raggiunge il limite dell'ellisse incisa sul pavimento. In bianco il profilo reale del pavimento (che in questa zona si alza di 18 mm), in rosso la sezione ideale che viene disegnata con un piano ortogonale allo gnomone. Questi dati teorici saranno oggetto di verifiche nella data del solstizio d'inverno (elaborazione grafica di Manuela Incerti).

re uno spostamento di 19 mm circa nella direzione nord-ovest rispetto al cerchio inciso nella lastra (19,3 mm verso nord e 5,1 mm verso ovest) [fig. 5].
Dalla verifica sul posto eseguita il 21 marzo 2023 [fig. 6], è stato notato che il passaggio del Sole sulla linea è in ritardo rispetto all'orario previsto (in relazione ai dati forniti da *Stellarium*) di 23 secondi circa; tale condizione potrebbe essere compatibile con un errore nell'orientamento della linea meridiana di 0° 8'.
Un ultimo dato che proviene dalla lettura del rilievo riguarda l'andamento della superficie di raccordo tra la volta e il foro gnomonico: se il foro si trovasse effettivamente a 8,0788 m dal pavimento (e non a 8,065 m come rilevato), i raggi solari non riuscirebbero a passare nelle date vicino al solstizio invernale a causa di un effetto di auto-occlusione della superficie svasata [fig. 4].
L'insieme di queste quattro condizioni causa una mancanza di precisione dello strumento astronomico, assolutamente trascurabile nei mesi estivi ma decisamente più evidente nella data del solstizio invernale [fig. 4] che dovrà essere verificata nella prossima data possibile.

La questione dei parametri nei software di rendering

I software di rendering di solito offrono strumenti per simulare gli effetti della luce solare in modo semi-automatico. Infatti, tra le luci disponibili per essere inserite nella scena, c'è quella solare. Una volta selezionato questo oggetto, i software richiedono di impostare un orario (data e ora) e una località (definita da coordinate terrestri): a partire da questi dati è possibile sperimentare diversi livelli di accuratezza come illustrano le note a seguire [figg. 8-10].
Nello specifico, *Rhinoceros* richiede un tempo indicato da ore, minuti e anche secondi e una geolocalizzazione impostata con coordinate espresse in gradi con tre cifre decimali. Questi dati consentono di definire la posizione del Sole mediante l'angolo sul piano orizzontale rispetto al nord, cioè l'azimut, e da un angolo sul piano verticale, cioè l'altitudine, entrambi espressi in gradi con una cifra decimale.
Nel comando "Sole" di *Cinema 4D* è possibile inserire l'istante di calcolo con una precisione fino al secondo e una geolocalizzazione espressa da coordinate in gradi, minuti e secondi. Gli angoli secondo cui il software orienta di conseguenza il sole sono espressi in gradi con tre cifre decimali.
Su *Lumion* l'effetto "studio solare" permette di inserire ore fino al minuto (non sono disponibili i secondi) e le coordinate geografiche presentano solo due cifre decimali. L'orientamento del Sole ottenuto non è mostrato all'utente da unità angolari.
Una limitazione ricorrente per questi parametri è l'intervallo di tempo disponibile per gli anni: *Rhinoceros* consente di selezionare anni tra il 1980 e il 2180, *Cinema 4D* tra il 1700-2299, *Lumion* tra il 2012-2050. Questo limite impedisce dunque di produrre, ad eccezione di *Cinema 4D*, una simulazione del funzionamento della meridiana relativo all'anno di costruzione (1788). In *Rhinoceros* e *Lumion* il Sole

5. Disallineamento del foro gnomonico rispetto all'inizio della linea meridiana, viste del modello 3D HBIM realizzato dai rilievi (elaborazioni grafiche di Gianmarco Mei).



è posizionato, oltre che orientato, automaticamente all'interno, ma non è un oggetto fisico che si può raggiungere e muovere geometricamente nello spazio come gli altri elementi del modello. In *Cinema 4D* il comando "Sole" crea una luce che viene mostrata come un oggetto fisico all'interno del modello orientato secondo coordinate e orario ma non posizionato in modo coerente, e richiede dunque un intervento manuale dell'utente per il posizionamento corretto.
Rhinoceros e *Lumion* simulano il Sole con una luce direzionale, costituita da raggi di luce paralleli, che non è adatta, in ragione dei quanto sopra ricordato, a simulare gli effetti di luce che si verificano nella meridiana e nel suo foro gnomonico. Le modalità automatiche di luce solare generano immagini dove la macchia di luce sul pavimento è un minuscolo punto luminoso ellittico con eccentricità estremamente ridotta, circa delle stesse dimensioni del foro gnomonico. Per ottenere una simulazione realistica della proiezione della luce solare sul pavimento, che varia di dimensioni in base alla data, è necessaria una luce conica (solitamente chiamata *spotlight* nei software di rendering). Solo *Cinema 4D*, tra i software analizzati, permette di impostare la luce solare automatica come luce spot invece che direzionale/parallela.
I rendering prodotti con le caratteristiche automatiche della luce solare (luce parallela/direzionale) [figg. 8-10] mostrano la minuscola macchia di luce ellittica con eccentricità estremamente ridotta proiettata sulla meridiana contemporaneamente alla foto scattata il 21 marzo 2023 [fig. 6], quindi confrontando queste immagini è possibile valutare l'accuratezza dei diversi software. Tutti hanno posizionato la proiezione della luce approssimativamente nella giusta zona ma, mentre la sua posizione in *Lumion* è molto precisa, in *Rhinoceros* e *Cinema 4D* è leggermente spostata verso est.
In conclusione, questi software possono essere strumenti utili per avere un'indicazione sui fenomeni luminosi nell'ambiente costruito legati alla volta celeste, ma non forniscono un livello di accuratezza sufficiente per condurre verifiche astronomiche. Inoltre, la forma geometrica della luce generata dai comandi automatici del Sole in *Rhinoceros* e *Lumion* (luce parallela/direzionale) non consente simulazioni/rendering realistici e quindi queste opzioni non sono utili per scopi divulgativi.
Sperimentazioni sulle problematiche di precisione del dato astronomico nei software di rendering erano già state affrontate nei precedenti lavori del gruppo di ricerca condotti sul Mausoleo di Teodorico a cui si rimanda per approfondimenti (Incerti, Lavoratti, Iurilli 2017; Incerti et al. 2016). Il modello del mausoleo è stato realizzato mediante mesh quadrangolata (*quad modeling*), texturizzata con metodo UV mapping a partire dagli ortofotopiani estratti dal rilievo fotogrammetrico digitale. Il modello, ottimizzato anche in previsione di un suo uso in applicazioni *real time*, è stato poi orientato con precisione secondo i dati forniti dal rilievo e, in seguito, illuminato da una luce di tipo direzionale, utile a simulare la sorgente

6. Fotografia del pasaggio del sole sulla linea meridiana alle 12:22:15 del 21/03/2023 (fotografia di Gianmarco Mei).

solare (raggi paralleli) all'interno del software *Modo* (*Luxology*). La precisione nella posizione delle proiezioni di luce non è risultata soddisfacente anche nel caso di questo software e, per questa ragione, i rendering degli effetti di luce sono stati generati a partire dalle coordinate dell'astro precedentemente individuate in ambiente CAD 2D (azimut e altezza) e dalle effemeridi astronomiche (data e orario) [fig. 7]. Grazie a queste coordinate è stato inoltre costruito un percorso animato che riproduce il movimento del Sole all'interno dello spazio sacro durante i solstizi e gli equinozi.

Nel processo di controllo e di verifica delle ipotesi degli eventi ierofanici è stato in seguito utilizzato *Stellarium* da cui sono stati tratte le immagini qui edite[15] [fig. 1].

Il mausoleo presenta delle aperture piccole ma non puntiformi, per questa ragione non è stato necessario affrontare il problema del rendering di un fascio di luce conica, cosa che invece è essenziale per il caso del foro gnomonico della meridiana.

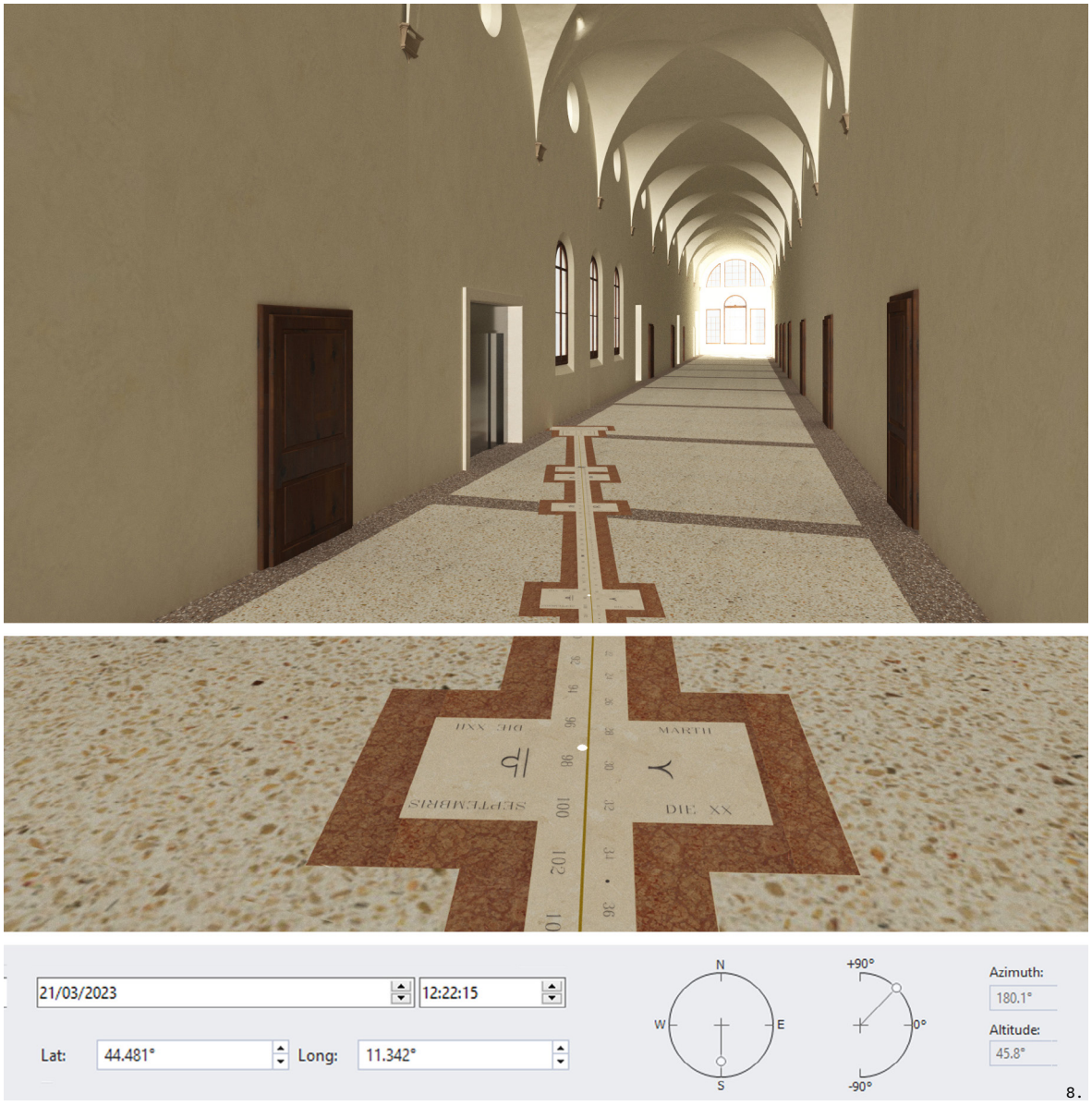
La luce conica nella meridiana a camera oscura

L'utilizzo del fascio di luce conico, per la simulazione della proiezione solare sulla meridiana che varia di dimensioni lungo l'anno, pone un problema geometrico di definizione delle dimensioni del cono e della sua posizione nel modello.

Per i solstizi, il raggio di Sole può essere descritto da un cono, con vertice al centro del foro gnomonico, i cui elementi notevoli (generatrici e asse) sono individuabili attraverso la sezione con il piano meridiano: mentre le due generatrici passano per foro gnomonico e gli estremi dell'asse maggiore dell'ellisse, l'asse è dato dalla retta bisettrice dell'angolo compreso tra queste (angolo di 32' che sappiamo essere determinato dal diametro angolare del Sole come sopra ricordato). Queste ellissi costituiscono

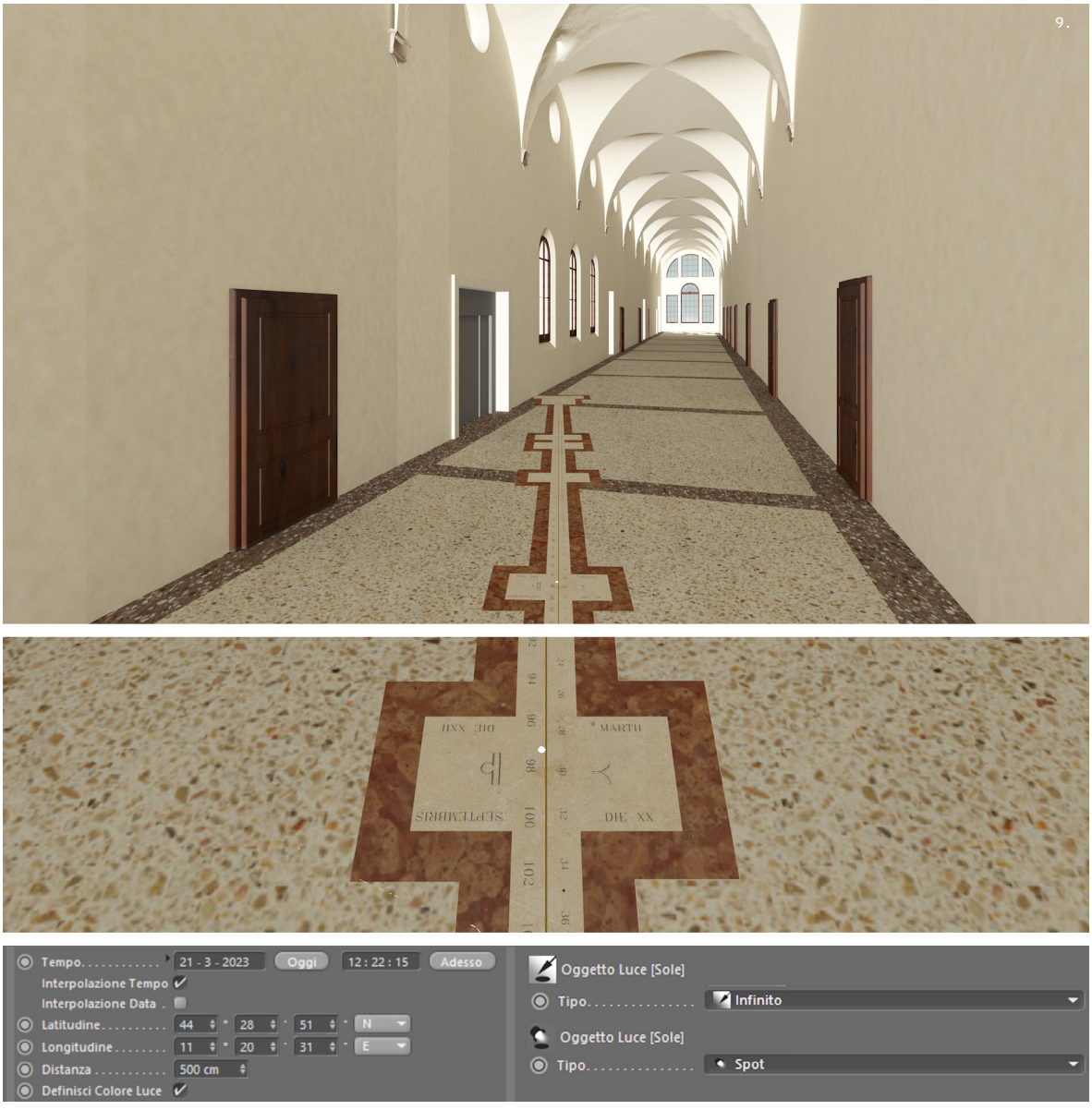
7.
Effetti di luce che si realizzano all'interno del Mausoleo di Teodorico con il software *Modo* di Luxology (modello e rendering di Stefania Iurilli, calcoli astronomici di Manuela Incerti).

dunque la sezione della luce conica con il piano del pavimento. La verifica geometrica della corrispondenza tra ellissi incise sul marmo e l'ampiezza del cono con angolo di 32' può essere verificata solo nei solstizi visto che tali figure sono state realizzate solo per queste due date.
Per i giorni intermedi l'asse del cono si trova grazie alla linea passante per il centro del foro gnomonico la cui inclinazione è data dalla declinazione del Sole nel giorno prescelto e la latitudine del luogo.
Su *Lumion* l'ampiezza angolare delle luci coniche non può essere ridotta al di sotto di 1 radiante, portando così a fasci di luce solare troppo ampi. Un tentativo di superare questo limite è stato fatto individuando il vertice della luce conica all'esterno del foro gnomonico, lungo la retta che congiunge il foro al pavimento, orientata secondo la declinazione del Sole in quel giorno. Ciò ha risolto solo in parte il problema in quanto le proiezioni solari ottenute sono ancora troppo grandi [fig. 13], rispetto alle ellissi dei solstizi e alle immagini ottenute con gli altri software.
Complessivamente la simulazione di *Rhinoceros* e *Cinema 4D* ha prodotto risultati dall'aspetto realistico, mentre *Lumion* sembrerebbe non adatto a questo scopo. Va però notato che il metodo applicato porta ad una mera rappresentazione del funzionamento ideale della meridiana, perché non tiene conto della reale posizione del Sole in una certa data e ora. Pertanto, non potendo essere utilizzato per verificare l'effettivo funzionamento dello strumento gnomonico, può essere impiegato solo per scopi divulgativi.
La simulazione in *Stellarium* utilizza la mappatura delle ombre come molti altri programmi di rendering in tempo reale basati su *OpenGL*. Questo software modella la luce solare come luce direzionale e quindi crea dei punti di luce sulle superfici



8.
Rendering della meridiana con il passaggio del sole alle 12:22:15 del 21/03/2023 (cfr. fig. 6) sul software *Rhinoceros* con l'utilizzo del sole automatico con raggi paralleli (elaborazione grafica di Gianmarco Mei).

con dimensioni circa pari a quelle del foro gnomonico. Inoltre, è possibile applicare l'algoritmo PCSS che crea diverse copie traslate delle patch di luce che vengono distribuite per formare un cono sottile. Di solito questo si traduce nella creazione di una macchia luminosa sfocata delle dimensioni di una mano (o più grande). Nel caso di questo foro gnomonico di soli 15 mm di diametro, è visibile una macchia sfocata per il mezzogiorno locale vicino al solstizio d'estate, ma alla fine della meridiana, per il solstizio d'inverno viene mostrato un gruppo di minuscole macchie luminose separate. La qualità delle forme delle patch luminosa è correlata all'impostazione (dipendente dall'hardware) della dimensione della mappa delle ombre [fig. 14].
Per una resa fedele delle macchie solari e dei fasci di luce conici, che riproduce la posizione reale del Sole (nelle immagini statiche e anche nelle animazioni), è possibile infine applicare anche la simulazione basata sulla fisica della propagazione della luce in un mezzo di diffusione (se disponibile nel software). Per la figura 15 è stato utilizzato il programma di modellazione 3D gratuito e open source *Blender 3.4* con il suo renderer di alta qualità *Cycles*. *Blender* ha un'estensione per il calcolo della posizione solare proveniente da algoritmi astronomici, almeno negli anni d.C. con il calendario gregoriano, e alla sua luce solare può essere assegnato il diametro angolare apparente corretto del Sole di circa 31 minuti d'arco. Si confronti la macchia di luce solare per il solstizio d'inverno nelle figure 14 (in basso) e 15 (in basso). Proprio come per la simulazione rapida in *Stellarium*, la simulazione della luce qui molto accurata mostra che la macchia luminosa non coincide perfettamente con l'ellisse incisa sulla linea meridiana e devia verso sud.



9.
Rendering della meridiana con il passaggio del sole alle 12:22:15 del 21/03/2023 (cfr. fig. 6) sul software *Cinema 4D* con l'utilizzo del sole automatico e raggi paralleli (elaborazione grafica di Gianmarco Mei).

Questo software di rendering può anche essere utilizzato per mostrare il cono di luce solare mediante l'interazione fisica tra luce e materia. Invece di configurare una luce conica aggiuntiva che è meramente illustrativa, qui (e in simili motori di render 3D non in tempo reale) possiamo riempire la stanza con un mezzo di dispersione (che rappresenta polvere o fumo leggero) che diventa direttamente visibile quando si trova all'interno del raggio di luce formato dal Sole calcolato astronomicamente e dal foro gnomonico.
Il grande svantaggio di tali sistemi di rendering è tuttavia il tempo di lavorazione molto lungo. Mentre *Stellarium* offre visualizzazioni interattive simili a giochi per computer, un singolo rendering (immagine statica) negli altri software richiede almeno diversi minuti di tempo di calcolo. I vedeo animati (animazioni temporali di macchie di luce solare o movimenti della telecamera) possono essere prodotte solo pre-configurando i fotogrammi chiave e renderizzando una sequenza.

Conclusioni

I primi esiti della ricerca qui proposti evidenziano come nella ricerca sui beni con valore astronomico, attuata anche con gli strumenti e le tecniche della rappresentazione, sia necessario conoscere accuratezza, limiti e affidabilità di ciascun software utilizzato. La metodologia messa a punto e sopra descritta suggerisce di mettere costantemente a confronto i dati del rilievo, i dati dei modelli 2D e 3D, i dati astronomici provenienti da fonti certificate (riferibili alle date di realizzazione delle opere), la loro applicazione sui modelli e, infine, gli esiti delle operazioni di rendering. Per tutte queste ragioni il *plugin 3D Sceneries* risulta estremamente interessante ai fini del controllo dell'affidabilità di ipotesi

10. Rendering della meridiana con il passaggio del sole alle 12:22 del 21/03/2023 (cfr. fig. 6) sul software *Lumion* con l'utilizzo del sole automatico con raggi paralleli. Si noti che il software non permette di inserire i secondi e nemmeno cifre decimali nei minuti (elaborazione grafica di Gianmarco Mei).

11.
Simulazione della proiezione dell'immagine solare al solstizio estivo (sopra), agli equinozi (centro) e al solstizio invernale (sotto), con il software *Rhinoceros* e l'utilizzo di una luce conica posizionata al centro del foro gnomonico. Per questa e le successive due immagini si noti che la luce inserita non tiene conto della reale posizione del sole, ma è collocata secondo un orientamento fittizio al fine di mostrare il funzionamento ideale dello strumento, senza gli errori riscontrabili nel suo funzionamento attuale (elaborazione grafica di Gianmarco Mei).

12.

12. Simulazione della proiezione dell'immagine solare al solstizio estivo (sopra), agli equinozi (centro) e al solstizio invernale (sotto), con il software *Cinema 4D* e l'utilizzo di una luce conica posizionata al centro del foro gnomonico (elaborazione grafica di Gianmarco Mei).

13.

13.
Simulazione della proiezione dell'immagine solare al solstizio estivo (sopra), agli equinozi (centro) e al solstizio invernale (sotto), con il software *Lumion* e l'utilizzo di una luce conica posizionata al di fuori del foro gnomonico (elaborazione grafica di Gianmarco Mei).

sul comportamento della luce all'interno degli ambienti. Per gli aspetti relativi alla divulgazione e alla comunicazione è utile invece utilizzare i software di rendering i cui parametri devono tuttavia essere impostati dopo opportuni calcoli astronomici che ne consentano la validazione.

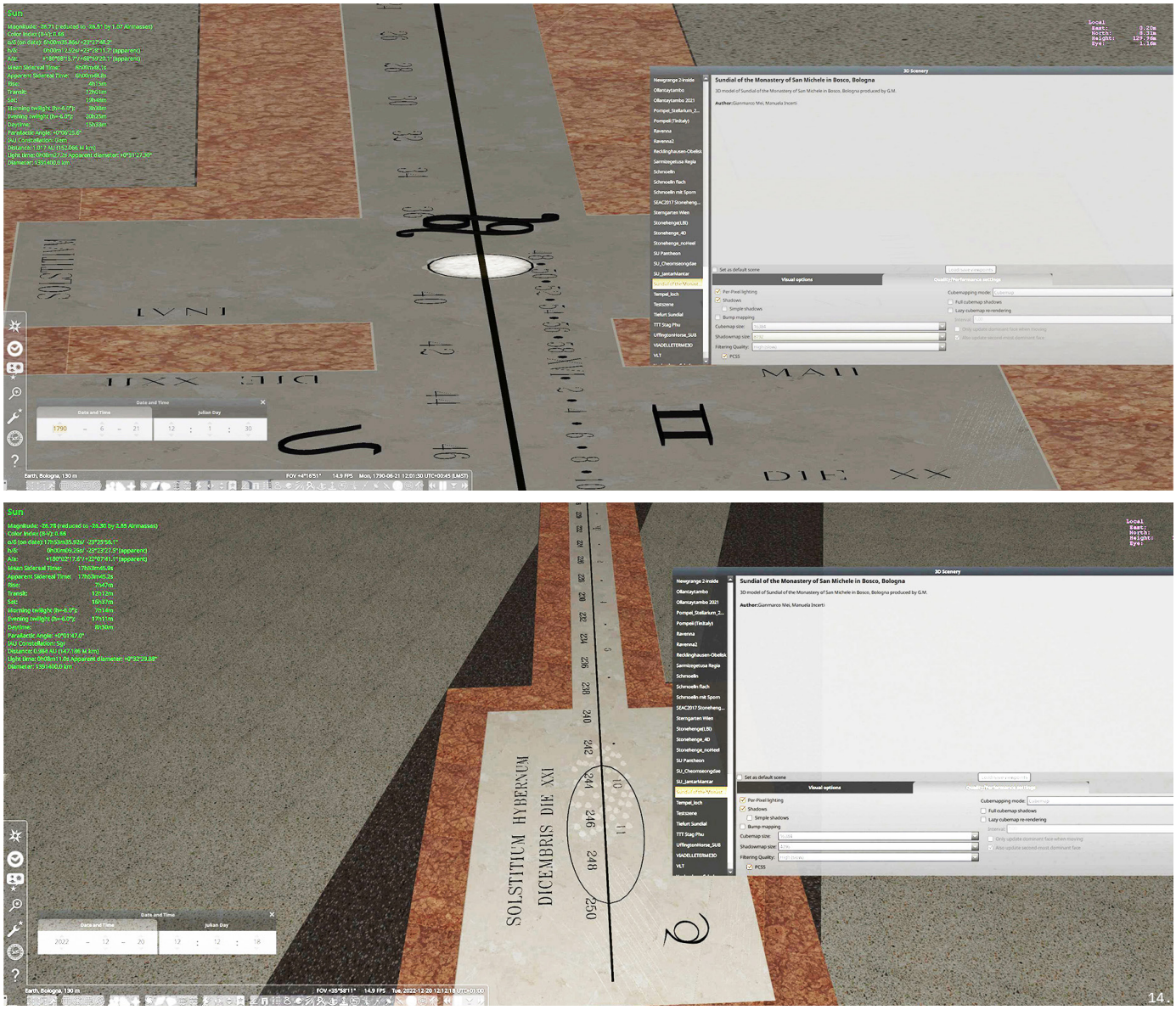
Crediti e ringraziamenti

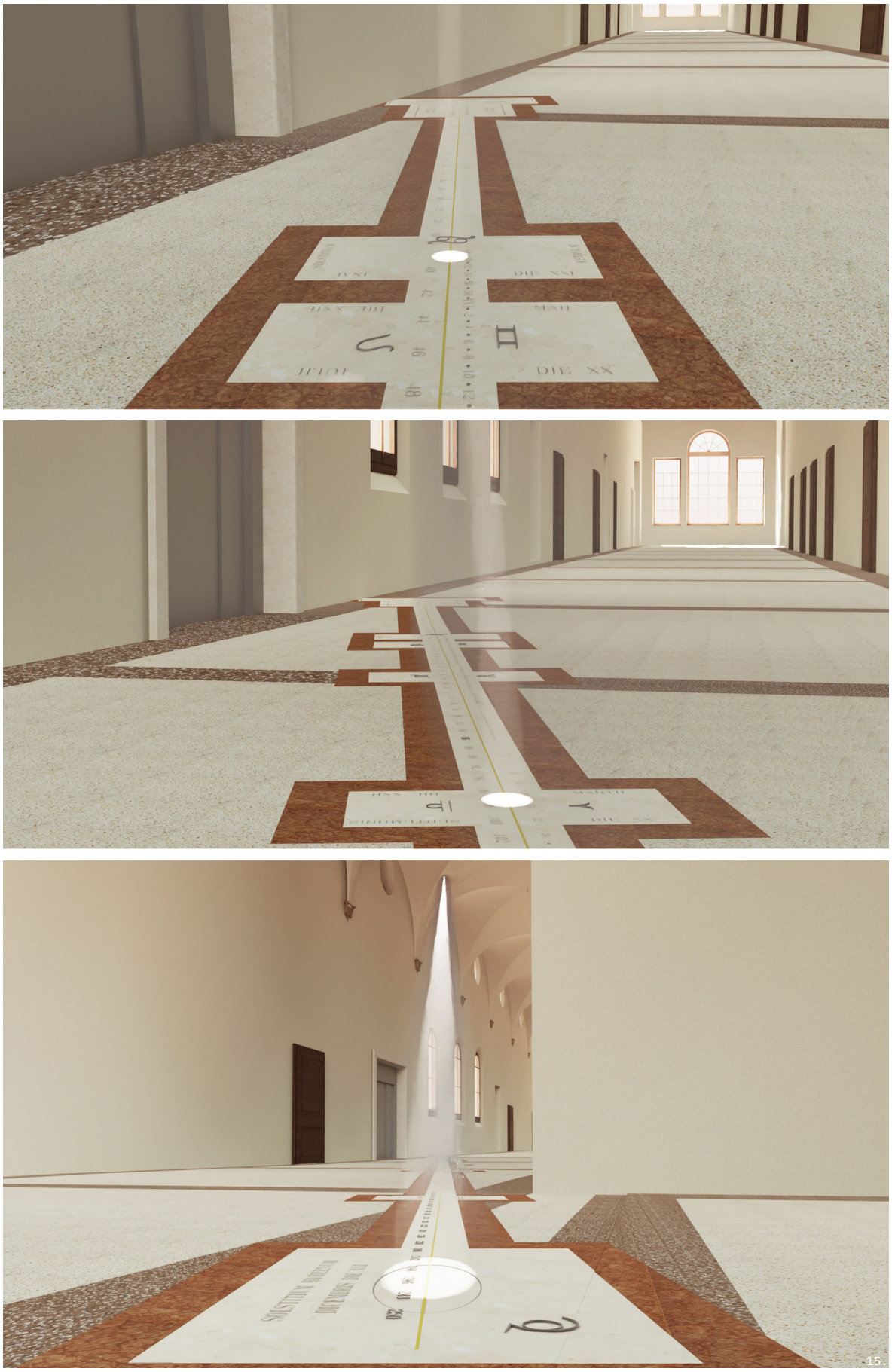
Benché il testo sia il frutto del lavoro congiunto dei tre autori, i quali hanno scritto di concerto i paragrafi "Introduzione", "La luce conica nella meridiana a camera oscura" e "Conclusioni", sono da attribuire a Manuela Incerti il paragrafo "Principi scientifici e questioni di metodo", a Georg Zotti il paragrafo "Il planetario virtuale *Stellarium*" a Manuela Incerti e Gianmarco Mei i paragrafi "I rilievi e gli elaborati grafici prodotti", "Esiti dell'analisi del modello della meridiana", "La questione dei parametri nei software di rendering" ed infine a Gianmarco Mei e Georg Zotti il paragrafo "L'interoperabilità di *Stellarium*".

14.
La proiezione dell'immagine solare ai solstizi su *Stellarium*, con l'utilizzo dell'algoritmo PCSS che simula il fascio di luce conica (modello di Gianmarco Mei, implementazione in *Stellarium* di Georg Zotti).

Note

1. Il progetto è stato lanciato nel 2000 ed è coordinato da Fabien Chéreau. Georg Zotti è membro del team di sviluppo.
2. "*Se autem vivo fecit sibi monimentum ex lapide quadrato, mirae magnitudinis opus, et saxum ingens quod superponeret inquisivit*", cioè "Eresse a sé stesso, lui vivente, un monumento funerario in pietre squadrate, opera di meravigliosa grandezza, e fece cercare un masso enorme per coprirlo". Sulla citazione, le principali fasi dell'edificio, lo stato dell'arte e le ricerche condotte sul rapporto astronomia-architettura di seguito brevemente sintetizzate si vedano (Incerti, Lavoratti 2016; Incerti, Lavoratti, Iurilli 2017; Incerti et al. 2016).
3. Le notizie più antiche sull'insediamento religioso, non supportate da fonti documentali certe ma mutuate dalla





15.
Rendering dell'immagine solare con il path tracer di *Cycles* in *Blender 3.4* al solstizio d'estate (in alto), all'equinozio di primavera (al centro; confronta la fig. 6) e al solstizio d'inverno (in basso). È stato utilizzato nn volume di materiale di diffusione per creare direttamente i coni di luce visualizzati, senza un'ulteriore fonte di luce conica. Si noti che il foro gnomonico è così piccolo che la luce del sole deve essere resa innaturalmente forte (modello di Gianmarco Mei, rendering di Georg Zotti).

tradizione testuale, riconducono la fondazione del monastero al IV o V secolo per opera di una comunità eremitica. Le prime testimonianze inequivocabili sulla chiesa e sulla sede religiosa sono tuttavia del 1217 e attestano l'uso del toponimo *de Bosco*, chiaro riferimento ad un'area boschiva. Per concessione di Urbano V nel 1364 si insediarono nel complesso i monaci Olivetani, giunti a Bologna solo due anni prima, che divennero committenti solerti. Sulle note storiche di questo edificio si vedano i contributi con la relativa bibliografia (Incerti 2015; Incerti, Foschi 2021).

4. Gli esempi più noti sono quelli di Santa Maria del Fiore (Firenze, 1467, Toscanelli), San Petronio (Bologna, 1655, Cassini), Santa Maria degli Angeli (Roma, 1703, Bianchini). Su questo tema si vedano il numero monografico del *Giornale di Astronomia* (Bonoli, Parmeggiani, Poppi 2006) e il volume curato da Fabrizio Bonoli e Piero Ranfagni (Heilbron 2005). Su questa linea meridiana si veda anche il contributo di Gianmarco Mei nel presente volume.
5. (Vitruvio Pollione 1993). Sul procedimento geometrico, descritto in numerosissimi saggi e relativa bibliografica, si veda anche (Incerti 1999, pp. 80-89)
6. Sulla trattazione di tutti questi aspetti si veda (Ferrari 2006) da cui sono tratte le considerazioni di seguito riportate.
7. Ferrari indica come valori utilizzabili ≈ 400→500.
8. "Quindi, al diminuire del diametro del foro l'immagine diventa sempre più nitida sino a quando il fenomeno della diffrazione non diventa preponderante." (Ferrari 2006, p. 43)
9. Sui casi studio qui presentati si veda la bibliografia già citata.
10. Si questi due aspetti si vedano i principali lavori tra cui (Bortot 2020; De Rosa 2007; Farroni 2019; Pagliano 2022; Pagliano, Triggianese, Santoro 2017; Càndito 2019; Incerti et al. 2016).
11. Per questa ragione non verranno fatti confronti fra motori di r*endering biased* e *unbiased*, non si entrerà nel merito alle questioni del colore della luce o degli algoritmi che determinano l'illuminazione indiretta o alle tecniche per la produzione della penombra (luce morbida). La ricerca sugli algoritmi di rendering è attualmente molto vivace, come inquadramento generale sulle questioni teoriche si veda (Birn 2013). Su applicazioni in ambito astronomico per le esplorazioni spaziali si veda (Allan et al. 2019).
12. Il rilievo laserscanner dello spazio che contiene la linea meridiana è composto da 15 scansioni (Faro Focus X330) e la nuvola di punti, registrata con il software *Scene*, version 2021.0, ha una densità sub-millimetrica. La fotogrammetria è stata elaborata con macchina Reflex *Nikon* 5300, e sono state scattate 276 fotografie. Le ortofoto generate con *Scene* e *Metashape* hanno una dimensione di circa 40.000x4.000 pixel e sono state opportunamente comparate per una verifica del dato prodotto.
13. Il rapporto numerico 250:100 è presente nella letteratura storica italiana per le latitudini intorno ai 45° (Cassini 1595, pp. 49-50) e dipende dalla latitudine.
14. La misura rilevata è infatti di 8,065 m (si veda il contributo sul rilievo di Gianmarco Mei nel presente volume).
15. Il lavoro di modellazione e di render è stato condotto da Stefania Iurilli mentre le coordinate astronomiche sono stati elaborate da Manuela Incerti. Georg Zotti ha curato l'implementazione su *Stellarium*.

Bibliografia

Allan M. et al. (2019). Planetary Rover Simulation for Lunar Exploration Missions. In *2019 IEEE Aerospace Conference*, pp. 1–17.

Birn J. (2013). *Digital* Lighting and Rendering. Pearson Education.

Bonoli F., Parmeggiani G.I., Poppi F. (a cura di). (2006). Atti del Convegno: Il Sole nella Chiesa: Cassini e le grandi meridiane come strumenti di indagine scientifica. *Giornale di astronomia*, 1, pp. 1-128.

Bortot A. (2020). E*mmanuel Maignan e Francesco Borromini. Il progetto di una villa scientifica nella Roma barocca.* Siracusa: LetteraVentidue.

Càndito C. (2019). Genova, Misurare il tempo. La meridiana del gesuita Corréard in via Balbi. Ananke. In *Quadrimestrale di cultura, storia e tecniche della conservazione per il progetto*, 86, pp. 102-105.

Cassini G.D. (1695). *La meridiana del tempio di S. Petronio. Tirata, e preparata per le osservazioni Astronomiche dell'anno 1655. Rivista, e restaurata l'anno 1695*. Bologna: Benacci.

De Rosa A. (a cura di). (2007). *James Turrell. Geometrie di luce. Roden Crater Project*. Milano: Electa.

Farroni L. (2019). *L'arte del disegno a Palazzo Spada l'Astrolabium catoptrico-gnomonicum di Emmanuel Maignan*. Roma: De Luca.

Ferrari G. (2006). L'immagine del Sole nelle meridiane a camera oscura. In *Giornale di astronomia*, 1, pp. 37-45.

Heilbron J.L. (2005). *Il sole nella chiesa: le grandi chiese come osservatori astronomici*. Bologna: Compositori.

Incerti M. (1999). *Il disegno della luce nell'architettura cistercense. Allineamenti astronomici nelle abbazie di Chiaravalle della Colomba, Fontevivo S. Martino dei Bocci in Valserena.* Firenze: Edizioni Certosa di Firenze.

Incerti M. (2015). Il monastero di San Michele in Bosco a Bologna: gli orientamenti e le possibili ragioni. In *Atti del XIV Convegno Internazionale di Archeoastronomia. Il cielo in terra ovvero della giusta distanza*, pp. 89-99. Padova: Padova University Press.

Incerti M., Foschi P. (2021). Pietro Fiorini e la prospettiva su Bologna. Pietro Fiorini and the perspective on Bologna. In *Connettere. Un disegno per annodare e tessere. Linguaggi Distanze Tecnologie. Atti del 42° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Connecting. Drawing for weaving relationship. Languages Distances Technologies*, pp. 783-804. Milano: FrancoAngeli.

Incerti M. et al. (2014). Rilievo, conoscenza e comunicazione: il complesso di san Michele in Bosco e il Chiostro ottagonale dei Carracci. Survey, insight and communication: the complex of San Michele in Bosco and the Octagonal Cloister by Carracci. In *Italian survey & international experience*, pp. 341-350. Roma: Gangemi.

16.
Vista esterna del Mausoleo di Teodorico (Foto M. Incerti).

16.

Incerti M., Lavoratti G. (2016). All'origine della forma: misura e numero nel Mausoleo di Teodorico. The origins of form: measurement and numbers in Theodoric's Mausoleum. In *Le ragioni del disegno. Pensiero, Forma e Modello nella Gestione della Complessità/The reasons of Drawing. Thought, Shape and Model in the Complexity Management*, pp. 389-394. Roma.

Incerti M., Lavoratti G., Iurilli S. (2017). Il mausoleo di Teodorico: rilievo, analisi e comunicazione. In *Conoscere, conservare, valorizzare il patrimonio culturale religioso*, vol. 3: archivi, musei, biblioteche, pp. 70-78. Roma: Aracne.

Incerti M., Lavoratti G., Iurilli S. (2019). The Mausoleum of Theodoric: Archaeoastronomy, Numbers, Geometry and Communication. In *Archaeoastronomy in the Roman World. Historical & Cultural Astronomy*, pp. 169-186. Cham: Springer.

Incerti M., Lavoratti G., Iurilli S. (2016). Survey, archaeoastronomy and communication: the mausoleum of Theodoric in Ravenna (Italy). In *Mediterranean Archaeology & Archaeometry. International Scientific Journal*, vol. 16, n. 4, pp. 437-446.

Pagliano A. (2022). *Le ore del sole. Geometria e astronomia negli antichi orologi solari romani*. Napoli: Paparo.

Pagliano A., Triggianese A., Santoro L. (2017). Geometry and the Restoration of Ancient Sundials: Camera Obscura Sundials in Cava de' Tirreni and Pizzofalcone. In *Nexus Network Journal: Architecture and Mathematics*, vol. 19, n.1, pp. 121-143.

Vitruvio P. M. (1993). *De Architectura*. Torino: Einaudi.

Zotti G., Neubauer W. (2012). A Virtual Reconstruction Approach for Archaeoastronomical Research. In Guidi, G., Alonzo, C. A. (a cura di). *Proc. VSMM2012 (Virtual Systems in the Information Society)*, pp. 33-40. Milano: IEEE

Zotti G. (2015). Visualization Tools and Techniques. In Ruggles, C. L. N. (a cura di) *Handbook for Archaeoastronomy and Ethnoastronomy,* volume 1, chapter 29, pp. 445-457. New York: Springer Reference.

Zotti G. (2016). Open-Source Virtual Archaeoastronomy. In *Mediterranean Archaeology and Archaeometry,* vol 16, n. 4, pp. 17-24.

Zotti G., Schaukowitsch F., Wimmer M. (2018). Beyond 3D Models: Simulation of Temporally Evolving Models in Stellarium. In *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, vol. 18, n. 4, pp. 52-528.

Zotti G. (2019). Visualising skyscapes: GIS-based 3-D modelling and astronomical simulation. In Henty L., Brown D. (a cura di). *Visualising Skyscapes: material forms of cultural engagement with the heavens, routledge studies in archaeology,* pp. 35-54. Routledge.

Zotti G. et al. (2019). Virtual Archaeoastronomy: Stellarium for Research and Outreach. In Magli G. et al. (a cura di). *Archaeoastronomy in the Roman World, Historical & Cultural Astronomy*, pp. 187-205. Springer International Publishing AG.

Zotti G. et al. (2020). The simulated sky: Stellarium for cultural astronomy research. In *Journal for Skyscape Archaeology*, vol. 6, n. 2, pp. 221-258.

Zotti G., Wolf A. (2022). Stellarium: Finally at 1.0! And Beyond. In J*ournal of Skyscape Archaeology*, vol. 8, n.2, pp. 332-334.

The Pyramids of Giza, Egypt. https://pxhere.com/es/photo/621132.

Sull'allineamento delle piramidi: un approccio statistico

Abstract

Il contributo qui presentato propone un'indagine statistica come ulteriore metodo di analisi sugli allineamenti delle piramidi. Ripercorrendo le interpretazioni simboliche ed osservative dei fenomeni astronomici considerati, si pone come obiettivo la ricerca dell'errore costruttivo nel momento della fondazione delle strutture architettoniche degli antichi egizi. In conclusione, si analizza la coerenza con gli antichi strumenti, le conoscenze scientifiche dell'epoca e la simbologia dell'orientamento delle piramidi.

The essay presented here proposes a statistical investigation as a further method of analysing the alignments of the pyramids. By Reviewing the symbolic and observational interpretations of astronomical phenomena considered, the aim is to investigate the constructive error in the foundation of the architectural structures of the ancient Egyptians. In conclusion, the consistency with the ancient instruments, the scientific knowledge of the time, and the symbology of the pyramids' orientation are analysed.

Parole chiave

Piramidi
Allineamento
Cubito
Errore
Gaussiana

Luca Santoro
→ luca.scontr@gmail.com

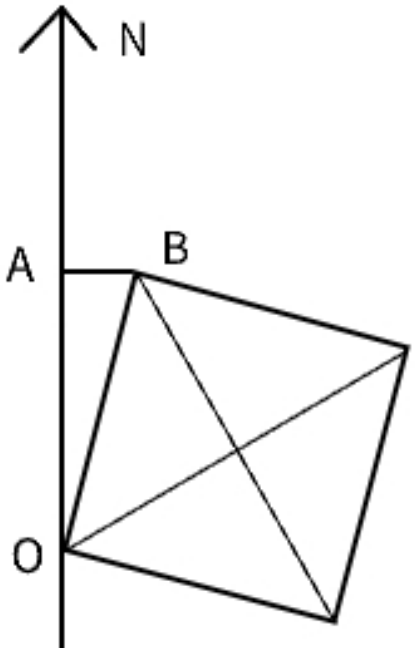
Introduzione

Le piramidi, costruite in Egitto tra il III ed il II millennio a.C., hanno da sempre destato l'interesse degli studiosi. Ad oggi sono state formulate numerose ipotesi su come potessero essere state edificate ed ancora risultano esserci delle zone d'ombra nella comprensione della loro realizzazione. Sebbene il proposito delle strutture sia chiaramente quello di essere delle tombe monumentali di re e regine, la forma e l'orientamento hanno un carattere totalmente simbolico che sintetizza cultura, conoscenza e tecnica di una intera società (Magli 2013; Magli 2016). Le misure dell'orientamento delle piramidi sono state realizzate, in maniera sistematica sin dal XIX secolo, con il pionieristico lavoro di Petrie (1883), e proseguite fino ai nostri giorni (Nell Ruggles 2014). L'attenzione è stata posta sul modo in cui i lati della base delle piramidi si allineano rispetto alle direzioni cardinali. L'interpretazione di tali dati ha generato numerose ipotesi circa l'obiettivo simbolico dell'orientamento. Le piramidi egizie sono tutte a base quadrata o rettangolare, il che implica che se un lato ha una direzione Nord-Sud, l'altro perpendicolare avrà necessariamente la direzione Est-Ovest. I punti cardinali possono essere tutti considerati come obiettivi principali della rappresentazione architettonica, poiché sono definiti rispetto alla posizione del Sole durante l'anno e sappiamo quanto il Sole sia fondamentale e centrale nella cultura egizia.

Dallo studio dei geroglifici egizi, è noto che esisteva una cerimonia religiosa chiamata "Allungamento della corda" (Miranda, Belmonte, Molinero 2008; Melika 2020). Durante questa cerimonia, il Faraone e la dea Seshat distendevano e allineavano una corda che segnava in modo permanente la direzione delle fondamenta dell'edificio. Tuttavia, al giorno d'oggi non si conoscono ancora le metodologie costruttive utilizzate per la realizzazione di tali monumenti.

I dati raccolti durante le campagne di rilevamento, sebbene mostrino una leggera variazione dovuta al processo di misura ed alla strumentazione sempre più precisa, sono stati oggetto di diverse riflessioni. La prima inevitabile considerazione punta sulla realizzabilità di costruzioni architettoniche così imponenti a cui si associa l'errore di misura pari a quello degli studiosi contemporanei, come se avessero le stesse metodologie degli antichi costruttori. L'uso dello gnomone e del *merkhet* è confermato da prove archeologiche ed interpretative (Zinner 1931; Isler 1989; Isler 1991a e 1991b). Tuttavia, non ci sono ritrovamenti che confermino l'uso di un compasso (Nell e Ruggles 2014) né ci sono riferimenti a strumenti del genere nei geroglifici conosciuti. La seconda valutazione riguarda il motivo per cui le piramidi non sono tutte allineate nella stessa direzione e se ciò sia dovuto a un errore di costruzione o a una scelta intenzionale di orientamento. I tentativi di interpretazione di quest'ultima hanno portato, essenzialmente, a due scenari differenti. L'interpretazione accreditata di Spence (2000) mostra una relazione tra i tempi di costruzione di diverse piramidi e la discrepanza tra l'orientamento dei lati di base delle costruzioni e la direzione Nord. Spence ipotizza che l'individuazione di tale orientamento sia dovuta all'osservazione del transito simultaneo di coppie di stelle circumpolari che subiscono il moto di precessione (Zaba 1953). Tale ipotesi è supportata sia dall'osservazione del fenomeno stesso, sia dal fatto che le stelle vicine al polo nord celeste sono considerate degli dei nel pantheon egizio. Questi dei sono menzionati anche nei geroglifici che descrivono la cerimonia dell'allungamento della corda (Miranda, Belmonte, Molinero 2008; Melika 2020). Tale ipotesi è soggetta a critiche sia per la mancanza della simbologia del Sole, sia perché misurare la posizione di stelle durante la notte manifesta una difficoltà osservativa di difficile stima. Il secondo scenario considera solo le orientazioni cardinali del Sole come obiettivo principale. La conoscenza della posizione del Sole a mezzogiorno determina il Nord e il Sud geografico, mentre i giorni dell'equinozio determinano Est e Ovest (Isler 1989; Dash 2017). Tale ipotesi è da prendere in considerazione in quanto è certa l'attestazione dell'osservabilità dell'ombra solare attraverso strumenti dell'epoca attestati e ritrovati durante le campagne di scavo; inoltre il ruolo del Sole sarebbe di nuovo al centro della simbologia ricreata dalle strutture architettoniche.

Le considerazioni sui dati raccolti si focalizzano differenti. Essenzialmente sull'errore di misura alla base dell'intera costruzione e sulla simbologia dell'orientamento, ma lasciano ancora aperta la possibilità di distinguere interpretazioni.



1.

1.
Lo scostamento dalla cardinalità. Il lato di base di una piramide qualsiasi OB ha uno spigolo sull'asse cardinale Nord-Sud, indicato con la freccia diretta verso N, è l'altro spigolo B avrà una certa distanza perpendicolare allo stesso asse, formando un angolo AOB misurato.

Tab. 1.
Qui sono riassunti i dati disponibili per le piramidi prese in esame. Nella prima colonna è riportato il nome della piramide stessa; nella seconda le dimensioni del lato di base in direzione Nord; nella terza vi sono le misure angolari, ottenute dai rispettivi studiosi, per mostrare l'orientamento rispetto alla direzione Nord: il valore è positivo se è verso Est, negativo se verso Ovest; la quarta colonna vi è il calcolo delle distanze AB usando la relazione trigonometrica.

Ipotesi statistica

Tutte le idee interpretative riconosciute dalla comunità scientifica si basano su un presupposto: stabilire una direzione misurata a partire dall'osservazione di stelle o del Sole. Successivamente si allunga la corda e infine si allineano lungo quest'ultima una serie di blocchi di fondazione (Melika 2020). Analizzando questa procedura, certa in qualunque scenario ed interpretazione accreditata, si possono individuare diverse fonti di errori: la misura e la realizzazione. La prima ragione è legata al processo di misurazione della direzione.

Considerando gli strumenti disponibili agli antichi egizi, non possiamo determinare se le misurazioni sono state effettuate in modo lineare o angolare, cioè utilizzando una riga o un compasso, poiché non abbiamo prove dell'uso di un tipo di compasso. L'allungamento della corda, realizzato tramite la cerimonia, introduce un'ulteriore sorgente di errore a causa del non perfetto allineamento delle aste attorno a cui è avvolta (Isler 1989, figg. 11,12). Allineare i blocchi di costruzione lungo la direzione demarcata con la corda rappresenta l'ultima operazione di fondazione. Tuttavia, questa operazione può essere fonte di errori a causa di piccole imprecisioni nella costruzione di ogni singolo blocco, problemi di squadratura e possibili cedimenti del terreno, oltre allo spazio che si crea tra un blocco e il successivo. Anche se in ogni fase della fondazione potrebbe esserci una piccola imprecisione, non misurabile poiché ben al di sotto di ogni precisione strumentale (trattandosi di misure eccezionali), inevitabilmente ogni errore

Tab. 1.

Piramide	Lato di base OB [m]	Angolo AOB misurato	Distanza AB [m]
Djedefre	106 (Verner 2001, p. 462)	-43,9' (Mathieu 2001)	-1,353
Djoser	109 (Verner 2001, p. 461)	+3° (Spence 2000)	+5,7
Meidum Snefru	144 (Verner 2001, p. 461)	-18' (Belmonte 2001)	-0,754
Seila	25 (Verner 2001, p. 461)	+0' (Belmonte 2006)	+0
Meidum Elephantine	23,4 (Verner 2001, p. 462)	-18' (Belmonte 2001)	-0,123
Meidum Bent	189,4 (Verner 2001, p. 462)	-12' (Belmonte 2001)	-0,661
Meidum Red	220 (Verner 2001, p. 462)	-9' (Belmonte 2001)	-0,576
Khufu	230,38 (Verner 2001, p. 462)	-3,4' (Nell 2014)	-0,228
Khafre	215,25 (Verner 2001, p. 463)	-4' (Nell 2014)	-0,251
Menkaure	104,6 (Verner 2001, p. 463)	+12' (Nell 2014)	+0,365
Shepseskaf	99,6 (Verner 2001, p. 463)	+30' (Belmonte 2012, p.184)	+0,869
Userkaf	73,3 (Verner 2001, p. 463)	+15' (Belmonte 2012, p.184)	+0,319
Sahure	78,5 (Verner 2001, p. 463)	-23' (Belmonte 2001)	-0,525
Neferirkare	104 (Verner 2001, p. 463)	+30' (Belmonte 2001)	+0,908
Unas	57,75 (Verner 2001, p. 464)	+17,1' (Spence 2000)	+0,287
Senusret I	105,2 (Verner 2001, p. 465)	-1,5° (Spence 2000)	-2,75
Amenemhet III Darshur	105 (Verner 2001, p. 465)	+15,7' (Spence 2001)	+0,479

si somma al successivo, generando un errore casuale non eliminabile.
I dati disponibili consistono in misure di orientamento delle piramidi rispetto ai punti cardinali. Si raccoglie un campione statistico selezionando le piramidi che hanno una direzione vicina ai punti cardinali, così da non utilizzare dati che non hanno altro chiaro obiettivo simbolico.
Facendo riferimento alla [fig. 1], le misure collezionate riguardano l'angolo AOB formato dal lato di base della piramide e la direzione cardinale Nord. Il triangolo AOB per costruzione è rettangolo in A, in quanto AB costituisce una distanza dello spigolo della piramide dall'asse cardinale Nord. Nell'ipotesi che gli antichi costruttori egizi non avessero a disposizione un compasso per misurare grandezze angolari, si propone di stimare l'orientamento della piramide attraverso la misura lineare della distanza AB. È possibile ricavare quest'ultima da una semplice relazione trigonometrica in cui il lato BO è l'ipotenusa ed AB è un cateto $AB = BO \sin(AOB)$.
Possiamo eseguire tale operazione per le piramidi di cui disponiamo delle informazioni necessarie. I dati collezionati sono così riassunti in forma tabellare [tab. 1].

Analisi

Per indagare sulla natura dell'orientamento delle piramidi, si è partiti dall'ipotesi che tutte quelle prese in esame siano state costruite utilizzando lo stesso metodo. Non si è tenuta in considerazione la possibile data di costruzione, concentrandosi unicamente sulla precisione o sull'errore operativo. Ciò che si nota immediatamente è che le distanze AB hanno lo stesso ordine di grandezza, ma le piramidi di Djoser e Senusret I si distinguono notevolmente dalle altre. Queste due piramidi sono state escluse dall'analisi attuale, ma potrebbero essere oggetto di un'indagine più approfondita per comprendere le ragioni di questa marcata diversità. Non possiamo escludere che ciò sia dovuto a un diverso metodo costruttivo oppure ad un'eccezione nella costruzione, ma in ogni caso non è possibile analizzarlo statisticamente. In tal modo i dati a disposizione sono 16, cioè il campione statistico. Di seguito sono schematizzati i risultati dei test statistici [tab. 2]
L'analisi statistica proposta qui ha lo scopo di individuare, se presente, la possibilità di stimare errori di costruzione. A tale scopo, sono stati condotti due test principali per determinare se l'ipotesi nulla può essere respinta. Si ricorda che l'ipotesi nulla sostiene che i dati siano distribuiti casualmente e quindi approssimabili a una distribuzione normale di Gauss.
Il risultato evidenziato nella [tab. 1] attraverso 3 tipi di test è il seguente: il campione analizzato, sebbene piccolo come numero, è molto vicino all'essere distribuito come una Normale di Gauss.
Per concludere quindi è possibile calcolare l'errore statistico sulla media calcolata dei valori AB:

$$\mu = -0{,}083 \pm 0{,}46\ m$$

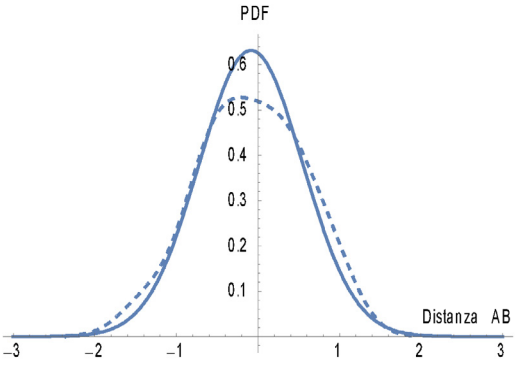
per un intervallo di confidenza al 99,5%. Il risultato è sintetizzabile nel grafico in [fig. 2].

Conclusioni

Dai risultati dell'analisi statistica si può dedurre che la media delle distanze AB è molto più piccola dell'errore stesso, quindi si può concludere che sia prossima allo zero. Inoltre è ben visibile l'effetto della casualità dovuto alla forma della distribuzione stessa, effetto atteso in qualunque operazione di misura e costruzione ripetuta ed analizzata nel paragrafo precedente. Invece l'errore statistico ha un valore prossimo al valore del cubito egizio reale (circa 52 cm) usato come unità di riferimento per ogni misura e realizzazione dei blocchi di costruzione (Hemeda 2020; Maragioglio 1965, 1966, 1967).
Considerando le dimensioni dei blocchi, l'allineamento degli stessi lungo la direzione segnata con la cerimonia dell'allungamento della corda e l'errore statistico calcolato in precedenza, è possibile concludere che lungo la direzione Nord-Sud i blocchi non sono mai fuori allineamento, quindi la piramide è sempre ordinata secondo i punti cardinali. In [fig. 3] è disegnata tale possibilità: i blocchi sono sempre al si sopra della direzione Nord-Sud senza mai discostarsene, considerando la loro larghezza. Solo nell'eventualità di misurare la direzione di allineamento lungo i lati esterni allora si misura lo scostamento dalla cardinalità.

Risultati statistici	
μ (media)	-0,083
σ (deviazione standard)	0,632
Shapiro-Wilk test	0,901
p-Value	0,749
Kolmogorov-Smirnov test	0,128

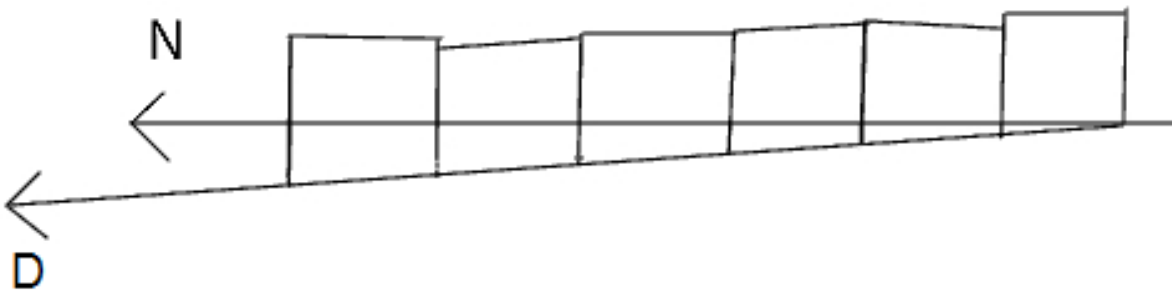
Tab. 2.



2.

Tab. 2.
Risultati dei test statistici.

2.
Sono rappresentate le distribuzioni delle distanze AB e la relativa funzione di densità di probabilità di quella osservata, segnata con la linea tratteggiata, e di quella teorica avente la stessa media μ (il valore più probabile) e la stessa deviazione standard σ di quella osservata. Si utilizza la PDF in quanto la variabile distanza AB è continua e non può assumere valori prefissati.



3.

3. Ricostruzione dell'allineamento dei blocchi in pianta. Nonostante i blocchi possano risultare ancora sulla direzione Nord-Sud, se si considera solo lo spigolo esterno allora la direzione misurata può risultare diversa da quella cardinale, segnata con il secondo asse D ed avrà una certa distanza angolare dall'asse Nord-Sud.

Bibliografia

Belmonte J. A. (2001). On the Orientation of Old Kingdom Egyptian Pyramids. In *Archaeoastronomy*, n. 26, pp. 1–20.

Belmonte J. A., Shaltout M. (2006). On the orientation of ancient Egyptian temples: (2) New experiments at the oases of the Western Desert. In *Journal for the History of Astronomy*, n. 37, pp. 173–192.

Belmonte J. A. (2012). *Pirámides, Templos y Estrellas: Astronomía y Arqueología en el Egipto Antiguo*. Barcelona: Crítica.

Dash G. (2012). New Angles on the Great Pyramid. In *Aeragram*, vol. 1, n. 3-2, pp. 10-19.

Dash G., (2017), Occam's egyptian razor: the equinox and the alignment of the pyramids. In *JAEA*, n. 2, pp. 1-8.

Hemeda S., Sonbol A. (2020). Sustainability problems of Giza pyramid. In *Heritage Science*, n. 8. <https://heritagesciencejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40494-020-0356-9> (consultato il 26 Aprile 2023).

Isler M. (1983). Concerning the concave faces on the Great Pyramid. In *Journal of the American Research Center in Egypt*, n. 20, pp. 27–32.

Isler M. (1989). An ancient method of finding and extending direction. In *Journal of the American Research Center in Egypt*, n. 26, pp. 191–206.

Isler M. (1991a). The gnomon in Egyptian antiquity. In *Journal of the American Research Center in Egypt*, n. 28, pp. 155–185.

Isler M. (1991b). The Merkhet. In *Varia Aegyptiaca,* n. 7, pp. 53–67.

Isler M. (2001). *Sticks, Stones and Shadows: Building the Egyptian Pyramids*. Norman: University of Oklahoma Press.

Magli G. (2013). *Architecture, Astronomy and Sacred Landscape in Ancient Egypt*. Cambridge: Cambridge University Press.

Magli G. (2016). The Giza 'written' landscape and the double project of King Khufu. In *Time and Mind*, vol. 9/1, pp. 57–74.

Maragioglio V., Rinaldi C. A. (1965). *L'Architettura delle Piramidi Menfite. Parte IV: tavole*. Roma: Centro per le Antichità e la Storia dell'Arte del Vicino Oriente.

Maragioglio V., Rinaldi C. A. (1966). *L'Architettura delle Piramidi Menfite. Parte V: tavole*. Roma: Centro per le Antichità e la Storia dell'Arte del Vicino Oriente.

Maragioglio V., Rinaldi C. A. (1967). *L'Architettura delle Piramidi Menfite. Parte VI: tavole*. Roma: Centro per le Antichità e la Storia dell'Arte del Vicino Oriente.

Mathieu B. (2001). Travaux de l'Institut francais d'archeologie orientale. In *Bulletin de l'Institut français d'archéologie orientale*, n. 101, pp. 449-610.

Miatello L. (2009). Problem 60 of the Rhind Mathematical Papyrus: Glaring Errors or Correct Method. In *Journal of the American Research Center in Egypt*, n. 45, pp. 153-158.

Melika A. S. (2020). The Founding of the Temple in Ancient Egypt: Ritual and Symbolism. In Richard E., Averbeck e K. Lawson Younger Jr., (a cura di) *An Excellent Fortress for His Armies, a Refuge for the People*, pp. 199-220. University Park, Pennsylvania: Eisenbrauns.

Miranda N., Belmonte J. A., Molinero Polo M. A. (2009). Uncovering Seshat: new insights into the stretching of the cord ceremony. In Belmonte J. A., Shaltout M. (a cura di) *In search of cosmic order: Selected Essay on Egyptian Archeoastronomy*, pp. 197-212. Cairo: Supreme council of antiquities press.

Nell E., Ruggles C. (2014). The orientation of the Giza Pyramids and Associated Structures. In *Journal for the History of Astronomy*, n. 45, pp. 304–360.

Spence K. (2000). Ancient Egyptian chronology and the astronomical orientation of pyramids. In *Nature*, n. 408, pp. 320–324.

Petrie Flinders W. M. (1883). *The Pyramids and Temples of Gizeh*. London: Field and Tuer.

Verner M. (2001). *The Pyramids: The Mystery, Culture, and Science of Egypt's Great Monuments*. New York: Grove press.

Žába Z. (1953). *L'Orientation Astronomique dans l'Ancienne Égypte, et la Précession de l'Axe du Monde*. Prague: Académie Tchécoslovaque des Sciences.

Zinner E. (1931). *Die Geschichte der Sternkunde von den ersten Anfängen bis zur Gegenwart.* Berlino: Springer.

Approfondimenti

Dettaglio del soffitto decorato da Giorgio Vasari nel refettorio della Chiesa di Sant'Anna dei Lombardi a Napoli (fotografia di Greta Attademo)

Scomporre la complessità: una lettura visiva del soffitto vasariano a Sant'Anna dei Lombardi

Abstract

La ricerca indaga il complesso e intricato programma decorativo realizzato da Giorgio Vasari sul soffitto voltato del refettorio del monastero di Maria di Monteoliveto a Napoli, oggi inglobato nella Chiesa di Sant'Anna dei Lombardi. La pluralità degli elementi che compongono l'apparato decorativo, induce alla costruzione di tre livelli di lettura separati, ciascuno di essi analizzato nelle sue proprietà geometriche, iconografiche e simboliche. La progettazione di schemi grafici delle volte a crociera funge, inoltre, da supporto nella comprensione della decorazione e delle sue fasi di lettura.

This research examines the complex and intricate decorative program carried out by Giorgio Vasari on the vaulted ceiling of the refectory of the Maria di Monteoliveto's monastery in Naples, now incorporated into the Church of Sant'Anna dei Lombardi. The plurality of elements that compose the decorative apparatus induces the construction of three separate reading levels, each of them analyzed in its geometric, iconographic and symbolic features. In addition, the drawing of graphic schemes of the vaults aims to support the understanding of the decoration and its reading phases.

Parole chiave

Giorgio Vasari
Forme geometriche
Virtù religiose
Costellazioni Celesti
Chiesa di Sant'Anna dei Lombardi

Greta Attademo
Università degli studi di Napoli Federico II
→ greta.attademo@unina.it

Alessandra Coppola
Università degli studi di Napoli Federico II
→ alessandra.coppola@unina.it

Introduzione

L'opera decorativa e architettonica di Giorgio Vasari per il soffitto dell'ex refettorio, oggi trasformato in sagrestia, della chiesa di Sant'Anna dei Lombardi a Napoli [fig. 1], è il fulgido esempio di come l'intreccio sapiente tra architettura, geometria e astronomia possa essere la fonte ispiratrice di un progetto compositivo e simbolico di straordinario fascino. La ricca decorazione artistica meraviglia e stupisce chi la osserva; la percezione che ne consegue è di un *unicum* armonicamente complesso, sincretico risultato della fusione tra queste discipline che, trovando motivo e ispirazione l'una nell'altra, permettono al Vasari di emancipare la propria visione artistica e culturale. L'esperienza del soffitto napoletano dichiara l'abilità del Vasari come mediatore tra la cultura classica e quella manieristica di primo Cinquecento, tra le scoperte scientifiche del tempo e i nuovi ideali di obbedienza e di guidata devozione pubblica che si andavano diffondendo attraverso i teorici della Controriforma (De Castris 1982). La chiesa, conosciuta oggi come Sant'Anna dei Lombardi e inizialmente denominata Chiesa di Santa Maria di Monteoliveto, venne fondata nel 1411, per volere di Gorello Origlia, un protonotario al servizio del re Ladislao di Durazzo (De Seta, Buccaro 2009). Il complesso religioso venne affidato agli Olivetani, una congregazione monastica dell'Ordine dei Benedettini (Scarpini 1952) e la sua importanza crebbe notevolmente con il passare del tempo. Se originariamente, sotto il regno di Alfonso I di Aragona, la chiesa fu costruita come modesta struttura religiosa, con l'ascesa al trono di Alfonso II, venne ampliata e poi trasformata in un complesso monastico di rilevante importanza, dotato di tre chiostri e di terreni circostanti che i monaci coltivavano per ricavarne cibo e sostentamento (Frey 1923; Celano 1952). Proprio qui, nel 1544, Giorgio Vasari venne chiamato per il rinnovo artistico del refettorio-cenacolo (Vasari 1568, p. 384). Due membri dell'ordine degli Olivetani, Don Miniato Pitti di Pistoia e Don Ippolito di Milano, convinsero, infatti, l'abate napoletano Don Matteo Cristiani D'Aversa ad affidare al Vasari il lavoro sul refettorio, precedentemente decorato con affreschi raffiguranti l'*Ultima Cena* e la *Crocefissione di Cristo* (Scarpini 1952). Don Miniato Pitti, in particolare, giocò un ruolo fondamentale nell'affermazione di Vasari nell'ambito culturale del Cinquecento italiano, essendo grande estimatore e protettore dell'artista fin dai suoi esordi (De Castris 1982). Fu proprio Don Miniato Pitti ad affidare al Vasari la sua prima importante commissione, consistente nella decorazione del refettorio del Monastero di San Michele in Bosco a Bologna (Fortunati 1996). Il ciclo decorativo bolognese fu il prologo di una fruttuosa collaborazione che portò, poi, il pittore aretino a Napoli. L'esperienza napoletana viene descritta dallo stesso Vasari nel suo celebre testo *Le Vite de' più eccellenti pittori, scultori e architettori*. Egli racconta di non aver accettato subito l'incarico, temendo che potesse portagli poco credito lavorare in uno spazio così complicato, "[…] essendo quel refettorio e quel monasterio fatto d'architettura antica e con le volte a quarti acuti, e basse e cieche di lumi […]" (Vasari 1568, p.384). Decise, infine, di intervenire elaborando un programma decorativo "[…] che là dove conoscendo non poter fare cosa buona, se non con gran copia d'ornamenti, gl'occhi abagliando di chi avea a vedere quell'opera con la varietà di molte figure, mi risolvei a fare tutte le volte di esso refettorio lavorate di stucchi, per levar via, con ricchi partimenti di maniera moderna, tutta quella vecchiaia e goffez[z]a di sesti" (Vasari 1568, p.384). Il Vasari, dunque, concepisce un intricato e complesso progetto per trasformare il buio e angusto refettorio in un ambiente luminoso e magnifico attraverso la rilavorazione delle tre volte a crociera con stucchi ricoperti da una decorazione ricca e brillante. Quest'ultima diviene espressione di un programma fortemente didascalico e coerentemente dogmatico realizzato sotto l'attenta supervisione di Don Miniato Pitti, come dimostra la copiosa corrispondenza tra i due (De Castris 1982). Sebbene Vasari non abbia mai rivelato esplicitamente il complesso simbolismo nascosto nella decorazione del soffitto, è noto che il messaggio dietro di essa fosse destinato ai monaci olivetani, quale rappresentazione visibile e tangibile di ciò che la vita monastica richiedeva all'interno dell'Ordine (Vasari 1568). Il soffitto vasariano presenta, in effetti, un'articolata configurazione compositiva, in cui elementi formali e simbolici si intrecciano e si combinano, creando un moltiplicarsi e amplificarsi dei rispettivi significati all'interno di uno schema unico e complessivo [fig. 2]. Nonostante tale opera vasariana sia stata indagata in differenti studi e ricerche, risulta ancora limitata la bibliografia riferita alle fasi di lettura delle componenti decorative. La presente ricerca intende, pertanto, elaborare un'analisi per livelli successivi, attraverso una discretizzazione della decorazione che procede, sia in termini dimensionali sia in termini di importanza, dalla scala più grande alla più piccola. La pluralità e la varietà degli elementi che compongono l'apparato decorativo, induce, infatti, alla costruzione di tre livelli di lettura separati, ciascuno di essi analizzato nelle sue proprietà geometriche, iconografiche e simboliche. Il primo livello di lettura riguarda la rappresentazione delle virtù, dei doni e dei frutti dello Spirito Santo, raffigurati in ottagoni, rettangoli e ovali; il secondo livello di lettura si riferisce all'analisi delle costellazioni celesti, raffigurate in cerchi ed esagoni; il terzo e ultimo livello di lettura è costituito dalle grottesche, raffigurate attraverso forme libere. L'analisi per livelli è accompagnata da schemi grafici di riferimento che, nella loro successione, ricompongono

1.
Nella pagina a destra. Il refettorio della chiesa di Sant'Anna dei Lombardi a Napoli (fotografia di Alessandra Coppola)

2.
Nella pagina a destra. Dettaglio della volta a crociera dedicata al tema della religione (fotografia di Alessandra Coppola)

l'opera nella sua totalità. Il disegno diviene, dunque, operazione strumentale di comunicazione dell'invenzione artistica, un atto di decodifica grafica che, attraverso la scomposizione per parti, rende evidente e, dunque, leggibile il processo compositivo della decorazione e le relazioni tra le sue componenti.

Primo livello di lettura

Il primo livello di lettura della volta è caratterizzato dalla rappresentazione di virtù, doni e frutti dello Spirito Santo, disposti all'interno di una rigida geometria composta da ottagoni, rettangoli ed ovali. Vasari utilizza queste forme geometriche come cornici all'interno delle quali raffigurare le proprie allegorie. In questa prima fase, egli organizza lo spazio seguendo ed evidenziando le linee di forza del sistema strutturale delle tre volte a crociera. Le volte in stucco, sviluppate su pianta rettangolare leggermente variabile, presentano direttrici a sesto acuto depresso (Miele et al. 2022). Vasari ripropone lo stesso disegno geometrico nelle tre volte, per poi articolare in ciascuna temi narrativi e figurativi differenti. In corrispondenza della chiave di ogni volta è rappresentato un ottagono (lato 62 cm, raggio 81 cm), geometria centrale dell'intero sistema [fig. 3]. Nell'ottagono di ciascuna volta Vasari inserisce la figura allegorica che governa e presiede la narrazione della campata interessata: la Religione, in corrispondenza dell'altare, l'Eternità nella volta centrale e la Fede in prossimità dell'uscita dal refettorio. Secondo il Celano infatti, nel momento in cui Vasari progetta e realizza la decorazione del soffitto, l'accesso al refettorio era dal lato opposto rispetto all'ingresso attuale, in corrispondenza del terzo chiostro del complesso monastico, oggi non più esistente (Celano 1952). A partire dall'ottagono centrale, ciascuna volta a crociera articola il proprio disegno geometrico lungo le diagonali e lungo le perpendicolari degli archi di volta. Le linee diagonali terminano in quattro grandi ovali (semiasse minore 50 cm, semiasse maggiore 75 cm) [fig. 4], mentre le perpendicolari in quattro rettangoli, di due differenti dimensioni (123 x 75 cm e 189 x 69 cm) [fig. 5]. Queste forme generano in relazione con l'ottagono centrale, rispettivamente una croce di Sant'Andrea e una croce greca. Le due croci suggeriscono il movimento rotatorio degli otto bracci intorno all'ottagono centrale, figurando la rotazione celeste e il disegno Trinitario (De Girolami Cheney 1993). Il loro posizionamento lungo le linee di forza delle volte è emblematico: esse rappresentano gli assi principali del mondo e dell'universo, divenendo il tramite principale tra mondo divino e mondo terrestre. Nei rettangoli e negli ovali sono raffigurate le personificazioni di virtù, doni e frutti dello Spirito Santo [fig. 6]. Nella volta dedicata alla Fede sono rappresentati soggetti legati al rapporto con Dio e con il credo; nella volta dell'Eternità sono rappresentate

1.

2.

figure connesse alla condizione esistenziale e umana dei monaci; nella volta destinata alla Religione sono rappresentate immagini legate alla vita religiosa dell'ordine (De Girolami Cheney 1993). La disposizione delle allegorie religiose, dunque, non rispetta il canonico raggruppamento cristiano in virtù cardinali, virtù teologali, doni e frutti dello Spirito Santo [fig. 7]. Vasari, infatti, rielabora le figure religiose relazionandone il significato con la figura centrale posta nell'ottagono, traducendo la rappresentazione in atto didascalico capace di suggerire ai monaci le qualità da perseguire per ottenere la salvezza eterna (Vasari 1568). La connessione geometrica accentuata da movimenti radiali, assiali e diagonali suggerisce la relazione simbolica tra le parti: la figura centrale dominante governa quattro doni dello Spirito Santo, rappresentati nei rettangoli; le allegorie delle virtù, contenute negli ovali, sono le qualità richieste ai monaci per ottenere i doni concessi dalla figura centrale (De Girolami Cheney 1993). Nella composizione decorativa del refettorio, dunque, Vasari fonde gli aspetti religiosi, legati all'ordine degli olivetani e rappresentati nelle figure geometriche, con richiami al movimento terrestre e degli astri, evidenziato dalle linee direzionali e dalle connessioni tra le parti. Per comprendere tale relazione è necessario considerare i riferimenti adottati dal Vasari nella costruzione del discorso etico-didattico: il simbolismo religioso, infatti, tiene insieme l'insegnamento di San Benedetto e la tradizione letteraria cristiano-giudea, con particolare riferimento alla *Psychomachia* di Prudenzio; il richiamo all'astronomia, invece, è comprensibile considerando la rinnovata diffusione nel Cinquecento dell'Almagesto di Tolomeo, le nuove scoperte scientifiche e le opere dell'epoca, come *Disputationes adversus astrologiam divinatricem* di Pico della Mirandola e *De revolutionibus orbium coelestium* di Niccolò Copernico (De Girolami Cheney 1993).

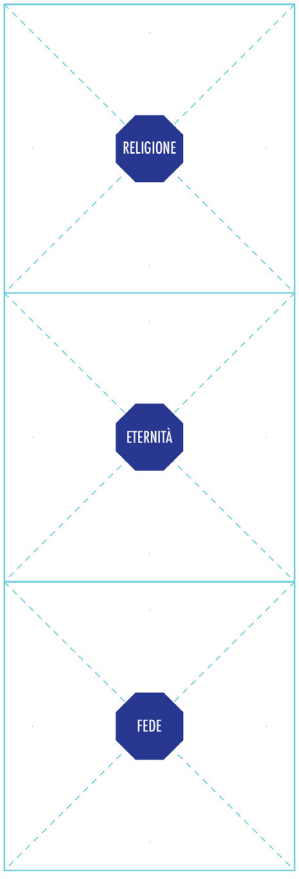
Secondo livello di lettura

Il primo livello di lettura della volta ha evidenziato la dominanza dei simboli religiosi, disposti nelle geometrie principali della struttura architettonica (chiave di volta, archi di volta e unghie della crociera) e potenziati visivamente dalle forze direzionali generate dalla croce greca e dalla croce di Sant'Andrea. Il secondo livello di lettura, invece, si sposta nelle aree residuali della volta, 16 regioni poligonali in ciascuna campata contornate da linee spezzate spesse e nere. Vasari decide di alloggiare, nel baricentro di ciascuna area, un cerchio o un esagono, contenente un'immagine celeste; le 48 immagini dipinte infatti, rappresentano le costellazioni del sistema cosmologico tolemaico. Il richiamo astronomico, oltre che nei

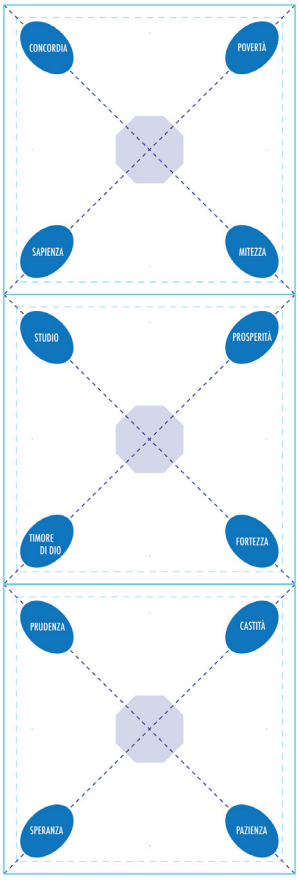
3.
Primo livello di lettura. L'ottagono centrale, posto nelle chiavi di volta, contiene le allegorie della religione, dell'eternità e della fede (elaborazione grafica di Alessandra Coppola)

4.
Primo livello di lettura. Le diagonali delle volte a crociera terminano in grandi ovali (elaborazione grafica di Alessandra Coppola)

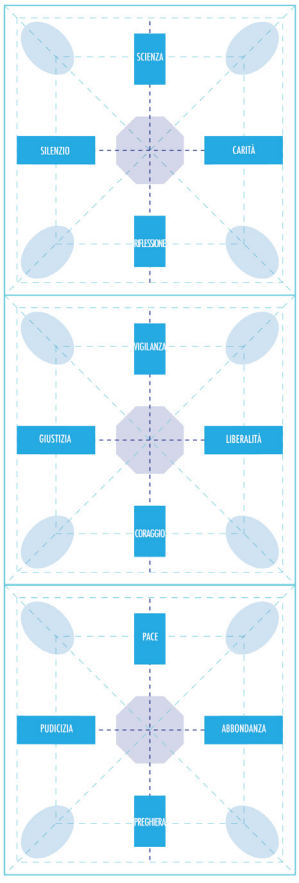
5.
Primo livello di lettura. Le linee perpendicolari delle volte a crociera terminano in rettangoli (elaborazione grafica di Alessandra Coppola)



3.

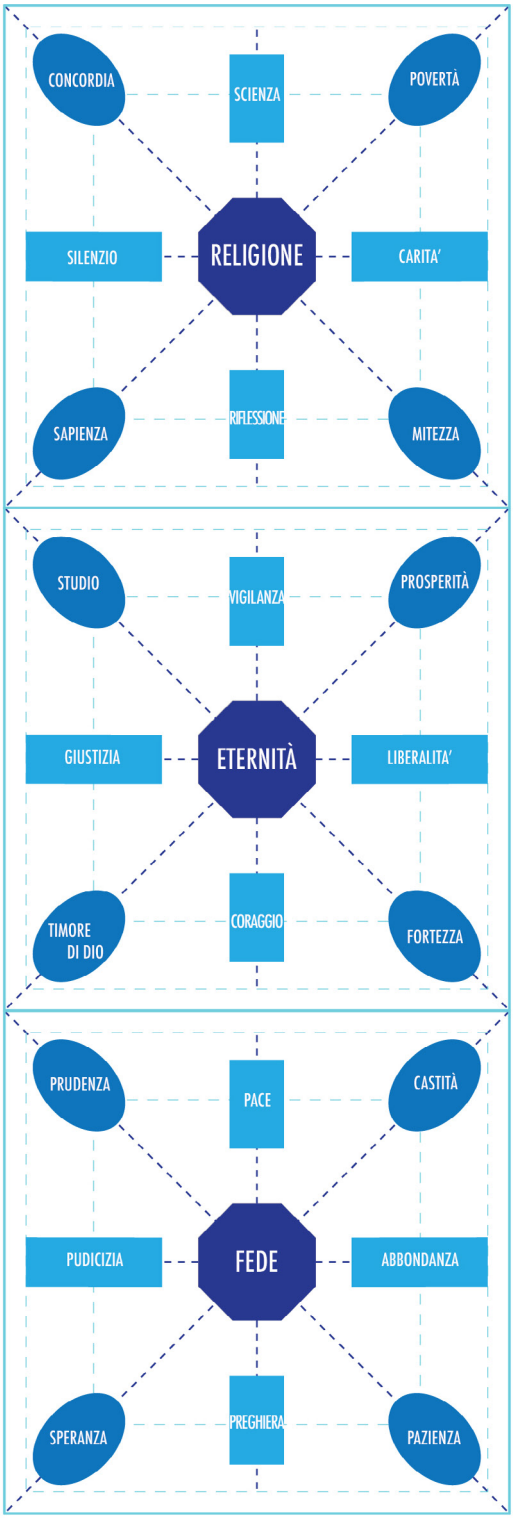


4.



5.

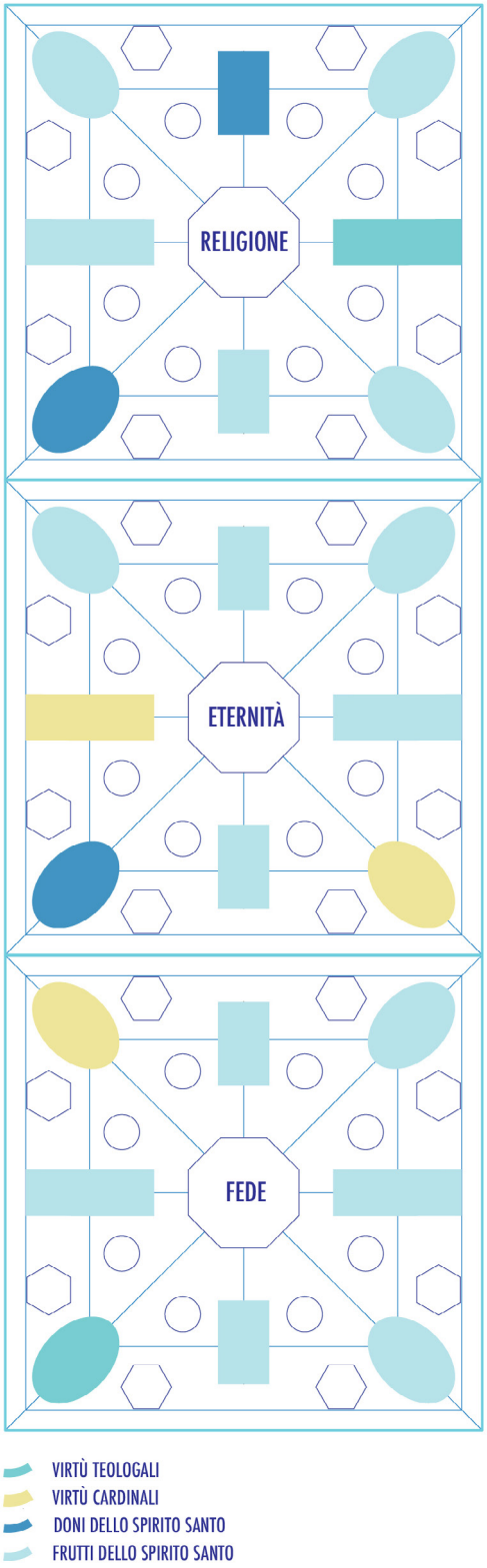
soggetti iconografici, è contenuto anche nelle relazioni tra le forme geometriche: i cerchi [fig. 8], dapprima, e gli esagoni [fig. 9], dopo, creano due circonferenze atte a simboleggiare il movimento ciclico e rotatorio dell'universo. La circolarità del cosmo, comunque, mantenendo il suo centro nell'ottagono [fig. 10], è nuovamente metafora religiosa del potere di Dio quale creatore del cielo e della terra. Di grande interesse è la disposizione delle costellazioni operata dal Vasari, in quanto questa non segue l'ordinaria suddivisione storica (12 costellazioni zodiacali e 36 tolemaiche) [fig. 11], né quella per posizionamento celeste (21 costellazioni boreali, 12 equatoriali, 15 australi) [fig. 12], né tantomeno un raggruppamento per famiglie (famiglia di Perseo, di Ercole, di Orione, dello Zodiaco, dell'Orsa maggiore) [fig. 13]. L'incompatibilità dell'assetto con quello conosciuto all'epoca tramite mappe e carte celesti, indurrebbe a pensare ad una scarsa conoscenza astronomica da parte del Vasari. In realtà, tale ipotesi può essere smentita da diverse considerazioni. Innanzitutto, la storica dell'arte De Girolami Cheney individua numerosi riferimenti iconografici utilizzati nel disegno delle costellazioni, rintracciabili nelle edizioni ristampate dell'*Astrolabium planum* di Angelus del 1488 e del *De occulta philosophia* di Agrippa del 1530, oltre che nei nuovi trattati dell'epoca, come il *De Astronomia* di Igino nell'edizione di Melchiorre Sessa e Pietro di Ravani del 1517 e il *Tractatus astrologicus* di Luca Gaurico del 1525 (De Girolami Cheney 1993). Inoltre, nel 1544, Vasari, oltre ad avviare il lavoro decorativo del refettorio napoletano, terminò il *Ritratto di sei poeti toscani* commissionatogli da Luca Martini, influente letterato nella Firenze di Cosimo de Medici. In questa tela Vasari dipinge, di fronte all'effige di Dante Alighieri, un globo che sembra omaggiare il passo della *Divina Commedia* in cui il vate, arrivato nella zona celeste occupata dalla costellazione dei Gemelli, viene invitato da Beatrice a guardare in basso per osservare il cammino percorso: il poeta riesce, da quell'altezza vertiginosa, a vedere tutti i pianeti e la Terra, infinitamente distanti (Novella Macola 2012). Per rappresentare le costellazioni, Vasari si ispirò alle xilografie *Emisfero Boreale* ed *Emisfero Australe* realizzate da Albrecht Dürer nel 1515, unendole, però, alla propria 'maniera', in un unico globo. Ritornando al caso studio napoletano, si deve considerare che il programma iconografico fu ideato non da Vasari, ma da Gian Matteo D'Aversa e da Miniato Pitti; quest'ultimo, essendo un astronomo eccezionale (Rosen 2003), "non avrebbe mai potuto lasciare al caso fraintendimenti nel posizionamento o nel raggruppamento delle costellazioni […]" (De Iulis 2021, p. 58). Da tali notazioni, è evidente che l'intenzione nel caso napoletano non fosse quella di riprodurre fedelmente il mondo celeste. Secondo De Iulis, infatti, "la tematica cosmografica



6.

6.
Primo livello di lettura. Gli ovali e i rettangoli incorniciano le personificazioni di virtù, doni e frutti dello Spirito Santo (elaborazione grafica di Alessandra Coppola)

e quella astrologica sono talmente ricorrenti e usate nelle decorazioni di soffitti e volte dei palazzi del XV e XVI secolo, da poter addirittura dividersi in gruppi tematici differentemente strutturati acciocché il fruitore dell'epoca potesse immediatamente coglierne la diversa natura e non ricondurlo al generico ambito astronomico laddove il messaggio fosse ben più accurato e puntuale" (De Iulis 2021, p.53). Lo storico dell'arte distingue, infatti, tre casi differenti. Il primo è quello delle costellazioni rappresentate con rigore scientifico, in cui le figure mantengono la composizione e la posizione delle stelle, come accade nei soffitti della Sala Bologna in Vaticano e nella Sala del Mappamondo nel palazzo Farnese a Caprarola. Il secondo caso è quando le costellazioni sono accompagnate dalla personificazione dei pianeti, alludendo all'oroscopo e alla carta natale del committente, come avviene nella Loggia di Galatea nella villa Farnesina a Roma e nel Salone di Palazzo Rucellai dipinto da Jacopo Zucchi. Il terzo è quello delle costellazioni inserite in una precisa griglia geometrica, le quali alludono a un significato simbolico più profondo, come accade nel soffitto della Sala del Firmamento di palazzo Chiericati a Vicenza e, per l'appunto, nel caso studio qui analizzato. Accertato il valore simbolico attribuito alle costellazioni dipinte nel refettorio di Sant'Anna dei Lombardi, comunque, resta ancora incerto il loro preciso significato. De Girolami Cheney ritiene che le immagini celesti racchiudano un significato teologico (De Girolami Cheney 1993). La campata della Religione, priva di costellazioni zodiacali, allude alla creazione del cosmo prima dell'uomo; le costellazioni presenti prefigurerebbero immagini bibliche come, ad esempio, Cefeo-Adamo e Cassiopea-Eva. La campata dell'Eternità richiama la visione neoplatonica dell'universo da parte di Vasari: dopo aver creato il cosmo, Dio realizza un mondo adatto all'uomo e controllato dalle costellazioni zodiacali, tutte qui rappresentate, ad eccezione di quella dei Pesci. Secondo la filosofia di Ficino – anch'egli raffigurato dal Vasari nel *Ritratto di sei poeti toscani* – lo Zodiaco incide sul carattere, sulle attitudini e sui comportamenti di ogni individuo. La campata delle Fede, invece, presenta costellazioni legate al mondo acquatico, come quella zodiacale dei Pesci, ma anche Balena Argo, Pesce Australe ed Eridano; tali segni sottintendono l'importanza del battesimo, sacramento che apre la strada dell'uomo alla redenzione e alla salvezza attraverso Cristo. Secondo De Girolami Cheney, dunque, le costellazioni esprimono un messaggio simbolico di speranza e di amore rivolto ai monaci olivetani, i quali, osservando la volta, avrebbero dovuto comprendere che sottomettersi alle leggi celesti significava rispondere al volere di Dio (De Girolami Cheney 2019). Secondo l'interpretazione più recente di Enrico De Iulis, invece, le costellazioni tolemaiche,



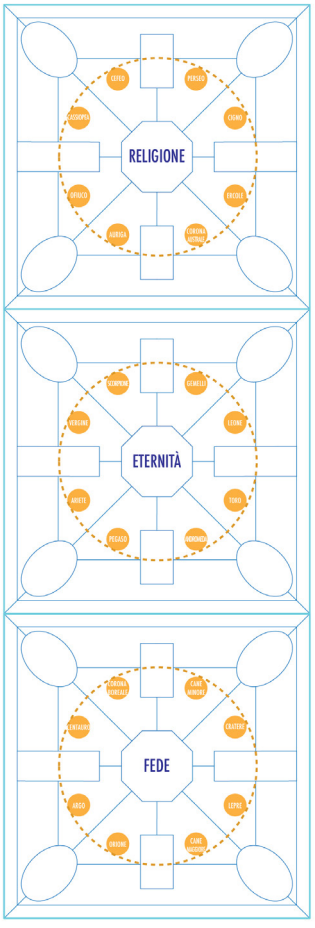
7.
La disposizione delle allegorie religiose non rispetta il canonico raggruppamento cristiano in virtù cardinali, virtù teologali, doni e frutti dello Spirito Santo (elaborazione grafica di Alessandra Coppola)

7.

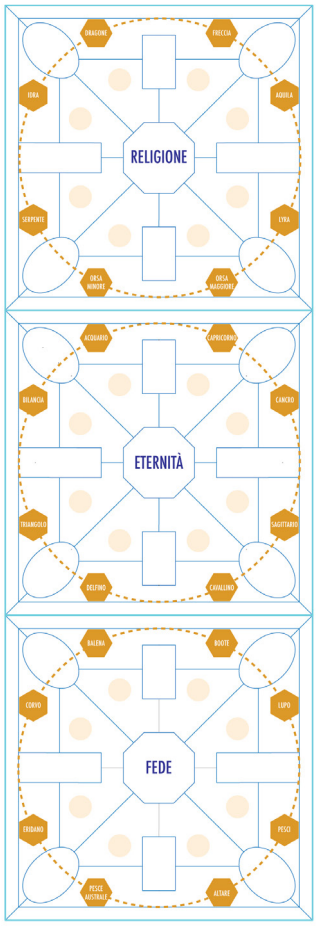
affiancate alle virtù cristiane, costituiscono un tipico esempio di mnemotecnica, una disciplina che individua tecniche e regole per memorizzare informazioni complesse (De Iulis 2021). La mnemotecnica, sebbene molto utilizzata in periodo rinascimentale, ha radici antichissime e tramandate nel corso dei secoli dai greci, dai romani, fino a raggiungere i padri della chiesa medievale. Tra le diverse metodologie esistenti, è di nostro interesse quella descritta da Cicerone nel *De Oratore* e nota come *tecnica dei loci*, la quale prevede che i concetti di un argomento da ricordare vengano accostati a delle immagini (Cicerone 1994). Ciascuna delle immagini, poi, viene collegata mentalmente ad un 'luogo' noto o familiare, così da fornire una collocazione a ciascuna nozione e costruire un percorso ordinato di memorizzazione tra i differenti argomenti. Nel 1533, inoltre, il domenicano Johannes Romberch pubblicò il *Congestorium Artificiosae Memoriae*, un testo molto apprezzato negli ordini religiosi che proponeva, tra gli altri, l'idoneità delle immagini delle costellazioni, collocate in aree specifiche, a fissare nozioni complesse, come l'ordine di sermoni su vizi e virtù (Yates 1993, p. 108), passi di testi sacri, o la sequenza di virtù da perseguire (De Iulis 2021). In tale ipotesi, dunque, le immagini delle costellazioni fungerebbero da strumento di memorizzazione di concetti religiosi. Si comprenderebbe, così, anche il ruolo delle linee dorate che ricoprono l'intera struttura della volta e che collegano le varie immagini: queste costituirebbero un reticolo di percorsi mentali che ciascun monaco avrebbe potuto scegliere personalmente per ricordare le virtù da perseguire. A prescindere dalla corretta interpretazione da seguire, è indubbio che la volta vasariana avesse uno scopo didattico e istruttivo rivolto ai monaci olivetani.

Terzo livello di lettura

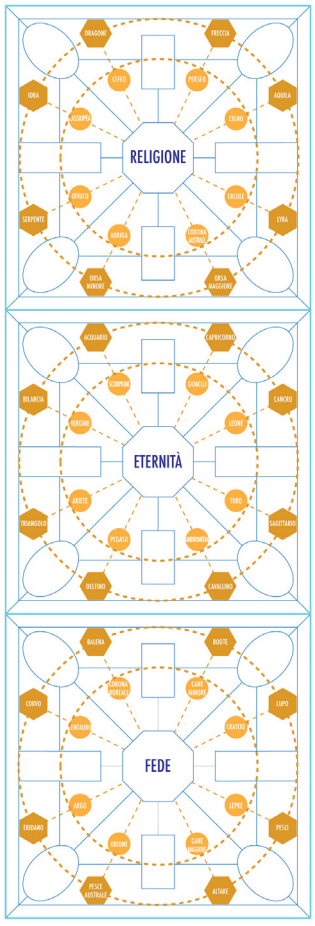
La lettura della volta si conclude con l'analisi delle immagini decorative che Vasari inserisce sullo sfondo degli scomparti architettonici [fig. 14] contenenti le forme di cerchi ed esagoni. L'artista racconta ne *Le vite* che "per arricchire i vani delle volte, gli feci pieni di grottesche, le quali in 48 vani fanno ornamento alle 48 immagini celesti" (Vasari 1568, p. 385). Le grottesche costituiscono una tipologia di abbellimento parietale particolarmente in voga durante il periodo rinascimentale. Il nome deriva dalle decorazioni rinvenute nelle cosiddette 'grotte' del colle Esquilino a Roma (Cellini 1964, p. 154), ossia



8.



9.

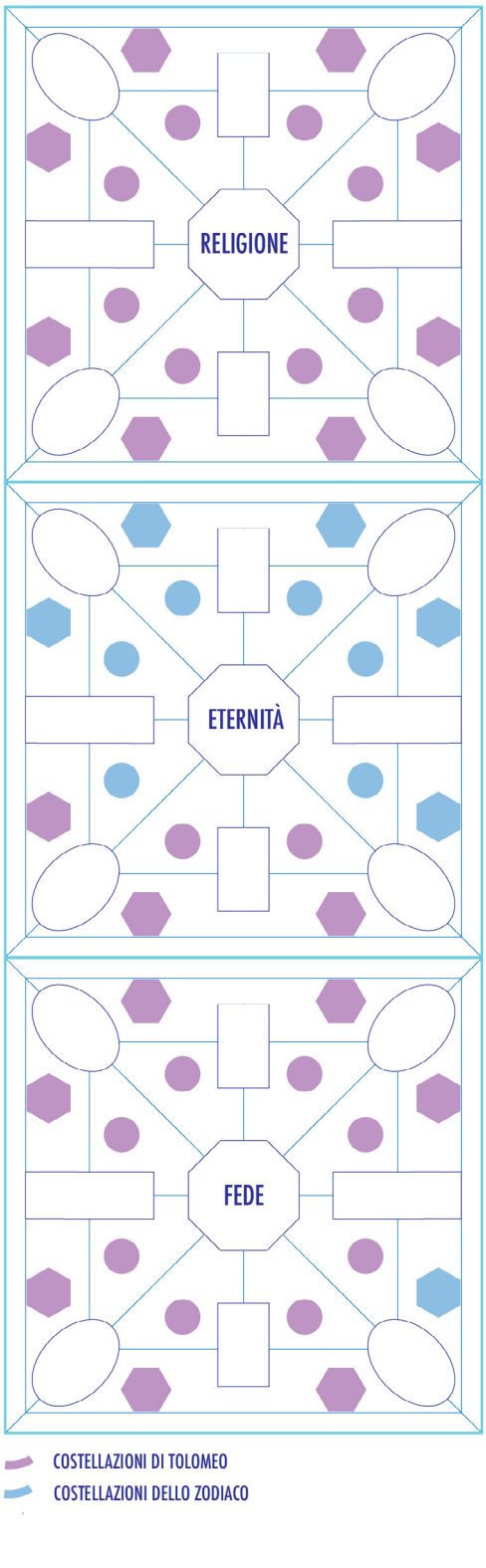


10.

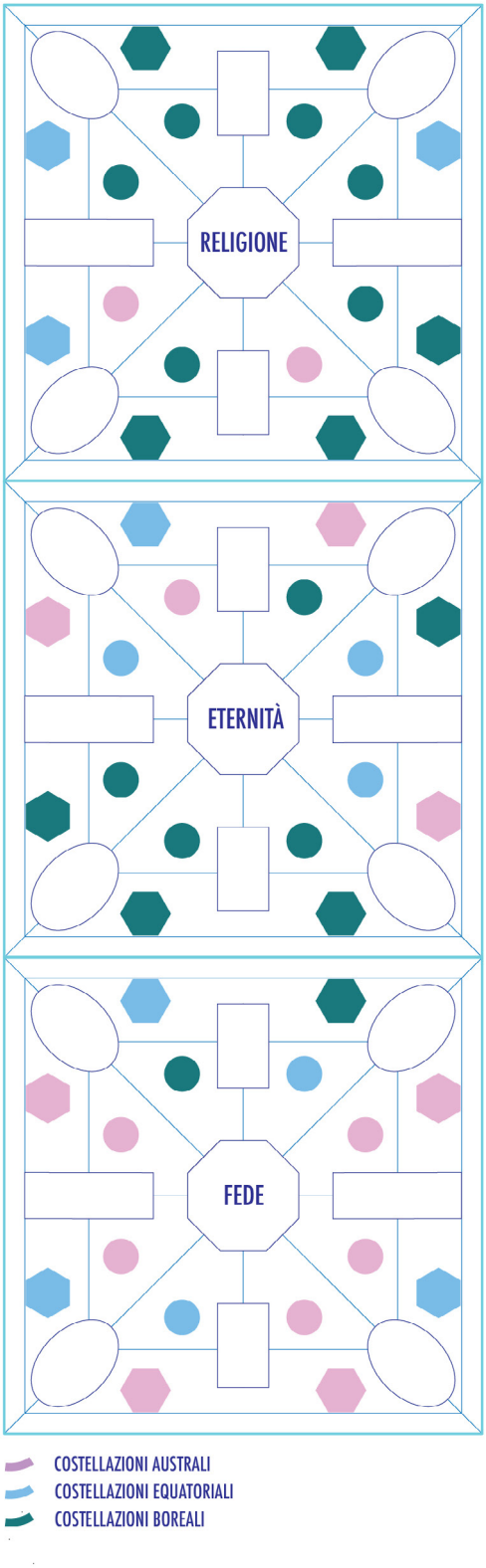
8.
Secondo livello di lettura. I cerchi incorniciano le immagini raffiguranti le costellazioni celesti (elaborazione grafica di Greta Attademo)

9.
Secondo livello di lettura. Gli esagoni incorniciano le immagini raffiguranti le costellazioni celesti (elaborazione grafica di Greta Attademo)

10.
Secondo livello di lettura. Cerchi ed esagoni creano visivamente delle circonferenze attorno all'ottagono centrale che alludono al movimento rotatorio dell'universo (elaborazione grafica di Greta Attademo)



11.

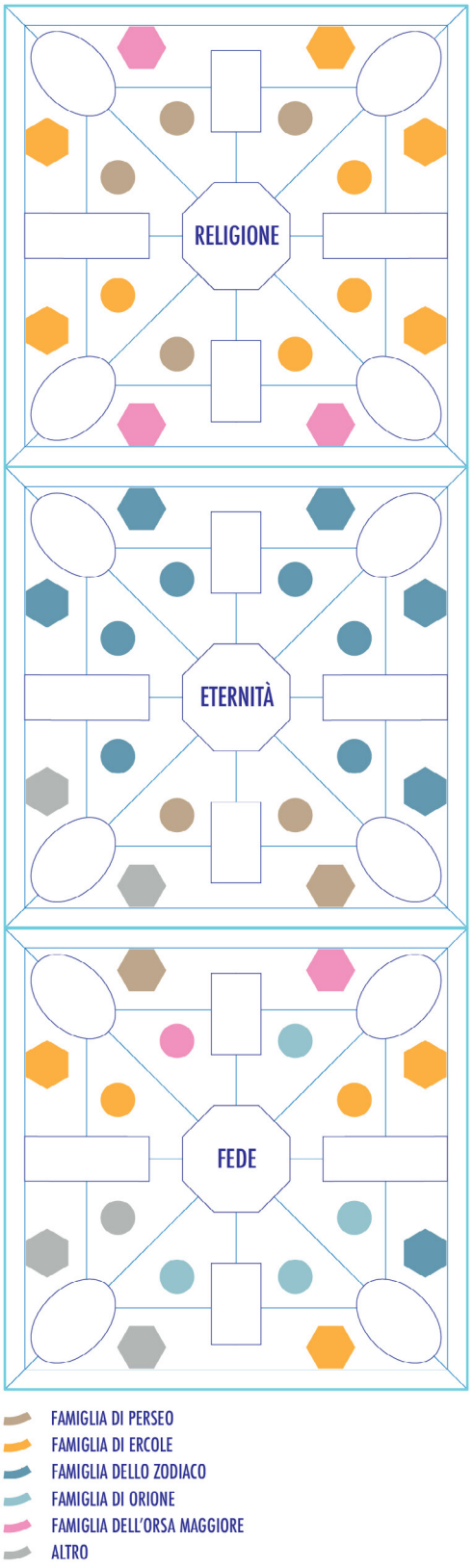


12.

11.
La disposizione delle costellazioni non segue l'ordinaria suddivisione storica (elaborazione grafica di Greta Attademo)

12.
La disposizione delle costellazioni non segue l'ordinaria suddivisione per posizionamento celeste (elaborazione grafica di Greta Attademo)

tra i resti sotterranei della Domus Aurea di Nerone scoperti nel 1480. Nonostante il termine fu utilizzato da molti autori[1], la più antica descrizione del genere e della tecnica di esecuzione è proprio quella fatta da Giorgio Vasari. Egli, infatti, dedica il Capitolo XXVII della *Introduzione alle Tre Arti: della Pittura* alla descrizione della lavorazione delle grottesche su stucchi e muri, definendole "una spezie di pittura licenziose e ridicole molto" (Vasari 1568, p. 143). Questo stile decorativo, infatti, è caratterizzato da una varietà di elementi stravaganti combinati in modo fantasioso e giocoso, al fine di ottenere composizioni ornamentali dinamiche ed equilibrate. Il terzo livello di lettura della composizione artistica, dunque, è costituito dalla molteplicità e dall'intreccio di decorazioni disparate: animali fantastici, antiche divinità, creature mitologiche, piante, elementi floreali, scenografie teatrali, oggetti ed elementi architettonici. Questi, seppur molto differenti per forma e contenuto, sono progettati in modo da ottenere una composizione ritmica, bilanciata e simmetrica lungo l'asse centrale dell'ambiente architettonico. Le grottesche, infatti, sono rappresentate come forme fluttuanti e libere di muoversi nello spazio dipinto; alloggiando nelle sezioni non geometriche della volta, fanno da contrappunto alla rigida organizzazione di figure astrali e religiose. L'inserimento delle grottesche nella volta a crociera non persegue solo una funzione ornamentale, ma riveste, ancora una volta, un ruolo didascalico. La ricchezza e la fusione di motivi classici e rinascimentali, immagini naturali, artificiali e fantastiche, intende simboleggiare l'ambiguità, la precarietà e l'equilibrio alla base del mondo fisico (Acciarino 2019). La combinazione dinamica ha una funzione ludica e di *divertissement* che intende provocare nello spettatore quel senso di delizia e di piacere, tipico del fare esperienza del mondo terreno. La geometria delle aree in cui vengono inserite le grottesche, inoltre, essendo più squadrata e complessa, allude al mondo terreno e si contrappone alla natura più organica e regolare di cerchi, ovali, esagoni e ottagoni che rappresentano, invece, il mondo metafisico e divino. Sono proprio le due croci a collegare mondo fisico e mondo ultraterreno: la croce greca indica la direzione principale per raggiungere il mondo celeste; la croce di Sant'Andrea rappresenta l'unità e indivisibilità tra i due mondi. Vasari realizza, dunque, un movimento ascensionale di tipo simbolico con lo scopo di indicare ai monaci la direzione da seguire per raggiungere Dio. Sebbene le grottesche furono utilizzate dal Vasari anche in altri programmi pittorici, la loro specificità nel caso napoletano è quella di accentuare la visione verticale e celeste della volta del refettorio.

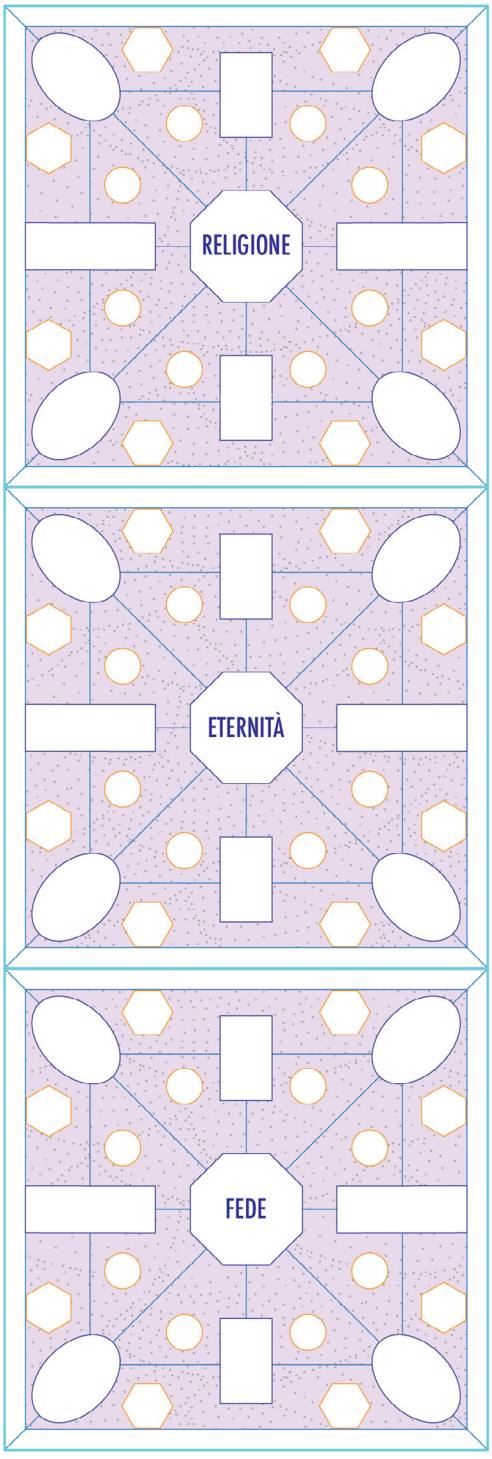


13.

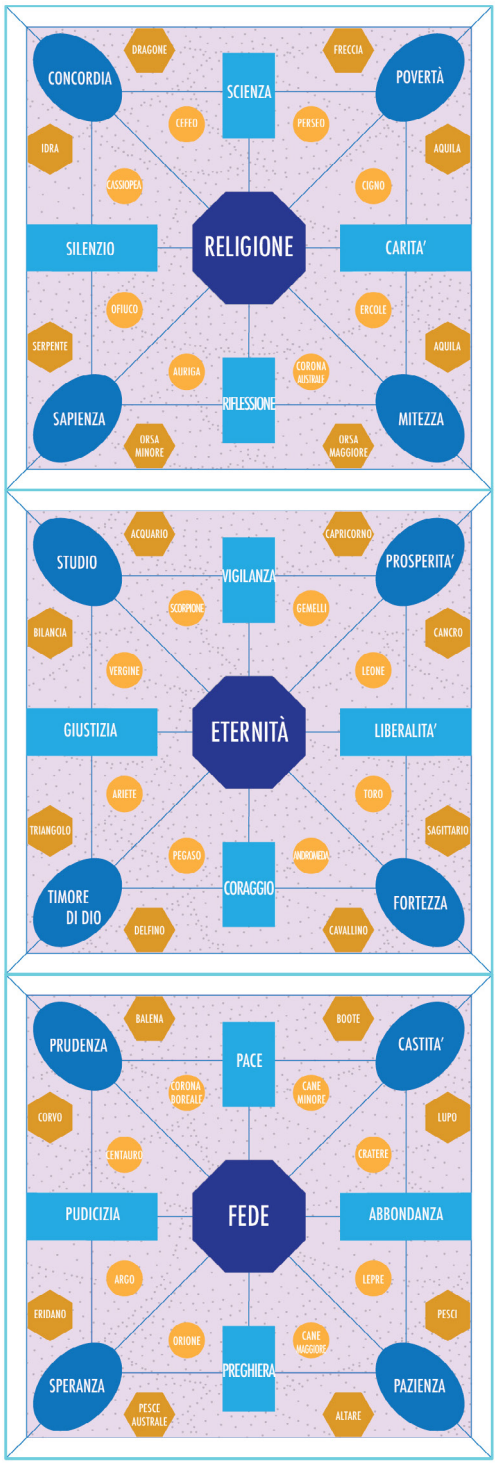
13.
La disposizione delle costellazioni non segue un raggruppamento per famiglie celesti (elaborazione grafica di Greta Attademo)

Conclusioni

La decorazione realizzata da Giorgio Vasari sulla volta del refettorio di Sant'Anna dei Lombardi a Napoli costituisce un complesso e intricato programma di connessioni iconografiche, geometriche e simboliche che, come tale, necessita di una lettura suddivisa per parti e per contenuti [fig. 15]. L'interpretazione operata attraverso differenti livelli di lettura consente, infatti, di riscoprire il racconto che doveva guidare i monaci olivetani in epoca rinascimentale e di riconsegnarlo agli osservatori contemporanei. La narrazione, magistralmente condotta sulla struttura architettonica della volta, ha certamente uno scopo didascalico, ma è aperta verso due strade: da un lato, potrebbe definire un monito simbolico per i monaci, in grado di mostrare loro come condurre una vita corretta sulla terra e come raggiungere la salvezza eterna nel cielo; dall'altro, potrebbe alludere a un



14.



15.

14. Terzo livello di lettura. Sullo sfondo degli scomparti architettonici sono raffigurate le grottesche simboleggianti il mondo terreno (elaborazione grafica di Greta Attademo)

15. I tre livelli di lettura del soffitto vasariano sovrapposti per ricostituire lo schema compositivo unitario (elaborazione grafica di Alessandra Coppola)

sistema di memorizzazione di complessi significati religiosi attraverso il sapiente uso delle immagini e della loro collocazione. La fusione di immagini antiche e moderne, di riferimenti biblici e scientifici, di visioni sacre e profane e di regni cosmici, comunque, rende la decorazione della volta vasariana straordinaria e unica nel suo genere, divenendo un importante esempio della profonda e intensa relazione che può instaurarsi tra le discipline dell'architettura, della geometria e dell'astronomia.

Crediti e ringraziamenti

Alessandra Coppola è autrice dei paragrafi "Introduzione" e "Primo livello di lettura". Greta Attademo è autrice dei paragrafi "Secondo livello di lettura", "Terzo livello di lettura" e "Conclusioni".

Note

1. Il termine fu utilizzato in numerosi trattati, tra i quali si citano *De Pintura Antiga* (1548) di Francisco de Hollanda, *Disegno* (1549) di Anton Francesco Doni e *Della nobilissima pittura, et della sua arte, del modo et della dottrina di conseguirla, agevolmente et presto* (1549) di Michelangelo Biondo.

Bibliografia

Acciarino D. (2019). *Between allegory and natural philosophy: New perspectives on Renaissance grotesques.* Toronto: University of Toronto Press.

Agrippa von Nettesheim H. C. (2021). *De occulta philosophia*. Potenza: Edizioni Grenelle.

Angelus J. (2006). *Astrolabium Planum.* Arenzano, GE: Gruppo Castel Negrino.

Celano C. (1952). *Notizie del bello dell'antico e del curioso della cittá di Napoli*. Napoli: Edizioni dell'Anticaglia.

Cellini B. (1964, riedizione). *La Vita di Benvenuto di Maestro Giovanni Cellini fiorentino, scritta, per lui medesimo, in Firenze. Introduzione e commento di Edgarda Jannotta Piacentini.* Roma: Editore Colombo.

Cicerone (1994). *Dell'oratore. Testo latino a fronte.* Segrate, MI: Rizzoli.

De Girolami Cheney L. (1993). Vasari and Naples. The Monteolivetan Order. In S. Scott Munshower, J. Chenaul Porter (a cura di). *Parthenope's Splendor. Art of the Golden Age in Naples*, pp. 48-126. University Park: Pennsylvania State University Press.

De Girolami Cheney L. (2019). Giorgio Vasari's Celestial Utopia of Whimsy and Joy: Constellations, Zodiac Signs, and Grotesques. In *Cultural and Religious Studies*, vol. 7, n. 3, pp. 111-141.

De Iulis E. (2021). Le costellazioni a Monteoliveto. In *Ricche Minere*, n.15, pp. 51-66.

De Seta C., Buccaro A. (2009). *I centri storici della provincia di Napoli: struttura, forma, identità urbana.* Napoli: Edizioni Scientifiche Italiane.

Fenech Kroke A. (2011). *Giorgio Vasari. La fabrique de l'allégorie. Culture et fonction de la personnification au Cinquecento.* Firenze : Olschki.

Fenech Kroke A. (2012). Reflexions autour des fresques vasariennes de Santa Maria di Monteoliveto: personnification et heterodoxie religieuse. In A. Rolet (a cura di). *Allégorie et symbole. Voies de dissence,* pp. 323-344. Rennes: Presses universitaires de Rennes.

Ficino M. (1576). *Opera: Theologia Platonica de immortalitate animae.* Basel: Omnia.

Fortunati V. (1996). Vasari e il Doceno nel refettorio di San Michele in Bosco. In A. Cioni, A. M. Bertoli Barsotti (a cura di). *L'Istituto Rizzoli in San Michele in Bosco*, pp.167-173. Bologna: Istituti Ortopedici Rizzoli.

Frey K. (1923). *Der Literarische Nachlass Giorgio Vasaris.* München, Germany: Georg Müller.

Igino G. (2009). *Mitologia astrale.* A cura di G. Chiarini e G. Guidorizzi. Milano: Adelphi.

Macola N. (2012). Dotte conversazioni davanti ai Sei poeti toscani di Vasari. In *I Castelli di Yale,* n.12, pp. 57-69.

Masetti C. (1974). *In margine al centenario del Vasari.* Alessandria: L'Ulivo.

Miele V., Saccucci M., Pelliccio A. (2022). Le grottesche di Sant'Anna dei Lombardi a Napoli. Analisi geometrica dell'apparato decorativo nello spazio architettonico. In E. Cicalò, F. Savini, I. Trizio (a cura di). *Linguaggi Grafici. Decorazione*, pp. 390-413. Alghero: Publica.

Prudenzio A. C., Basile B. (a cura di). (2007). *Psychomachia. La lotta dei vizi e delle virtù. Testo latino a fronte.* Ediz. Critica. Roma: Carocci editore.

Romberch J. (1553). *Congestorium Artificiosae Memoriae.* Venezia: Melchiorre Sessa.

Rosen M. (2003). Don Miniato Pitti and the second life of a scientist's tools in Cinquecento Florence. In *Nuncius. Annali di Storia della Scienza*, anno XVIII, n.1, pp. 3-24.

Scarpini M. (1952). *I monaci benedettini di Monte Oliveto*. Alessandria: L'Ulivo.

Vasari G. (1568). *Le Vite de' più eccellenti pittori, scultori e architettori.* Firenze: Giunti.

Yates F. (1993). *L'arte della memoria.* Torino: Einaudi.

Geometries of light for present time

Alessandra Pagliano

Every moment we can observe the eternal variability of colors and shapes around us by virtue of the continuous change in direction and intensity of the sun's rays: objects can change their apparent size because depth is expressed through the shadows, both core and cast. Our experience with the space is enabled by the light and filtered through the effects of its constant mutability. The shadows' variability allows us to experience a constant movement of shapes and thus, it materializes the abstract concept of time as the interval of variation of an event in relation to space: only when there is a change in a configuration can we speak of the "before" and "after". This is the first experience of time as the interval between two events. Observing the continuous and unstoppable phenomenal variation allows the experience of the passing time. Arata Isozaki notes that space has always been identified with the phenomenal evidence of events to be measured and verified and, consequently, space is perceivable in connection with the flow of time (Isozaki 1979). Humans have, therefore, historically related to space and time according to the ever-changing nature of sunlight: ruled by the diurnal day-night alternation, our bodies, with their circadian rhythms, are physiologically harmonized with the time of nature. Thus, light controls biological life processes, and also certain human hormonal activities depend on it; consequently, even ancient people have been aware, albeit unscientifically, of temporal phenomena. But the ambition of ancient peoples was to understand, control, and thus participate in, temporal processes beyond the brief interval of individual life: men, whose lives are limited to a short period in the eternal flow of events that have happened before them and will continue to happen even after their death, had the wish to project themselves into eternity by dominating time through measurement and the ability to foresee the cyclical return of each passed moment, so that they would not consider it permanently lost in an unstoppable and infinite flow of events. This led to the first attempt to objectify the time passing on the basis of celestial bodies' observations, particularly the Sun, whose ever-changing position determines the shadows and their continuous variations: the cyclical regularity of celestial motions offered a guarantee that each single event could be rationally framed within the cyclical duration of natural phenomena. The series of moments that dramatically devour human life (*Chronos*), made up of unique and unrepeatable instants (*Kairos*) that slip away inexorably, is thus cathartically linked to an awareness of a permanence, of a cyclicality (*Aion*)[1] and of a predictable return. The comforting permanence of the mutable is thus the enduring, that is, of continuing to exist within the constant change. The evidence of the luminous and umbral phenomena returning at constant intervals in the same configuration somehow sums up in itself and materializes the abstract and elusive concepts of space and time and offers itself as an instrument for their measurement. Through the use of gnomonics, ancient people around the world achieved the ability to calculate and represent (and thus control through the prediction of the cyclical nature of the phenomenon) the Sun's complex movements[2], which otherwise would have been intangible and remote. This is because the shadow cast by a gnomon makes it possible to measure in spatial terms what, without the aid of advanced modern technology, would otherwise have been unmeasurable in astronomical terms. This is because the shadow cast by a gnomon makes it possible to measure, due to the spatial evidence, what would otherwise be unmeasurable in astronomical terms, without the aid of advanced modern technology. With the advent of first optical and then digital instruments, the measurement of time became independent of gnomonics, which carried with it the limitation of marking the time of an individual place since it was strictly dependent on the latitude in which the shadows for measurement occurred. The shift from the Sun's true time, relative to the individual place, to the average civil time adopted by convention and canceling out all the small irregularities of the Earth's motions, made its measurement objective and increasingly minutely punctuated by the increasing reliability of its measuring instruments. The time measured by clocks, known as mean time zone time or civil time, relates to the central meridian of a given time zone. This time is the same for all the places within the same time zone, regardless of their longitude (in the case of Italy, it refers to the meridian at 15° East from Greenwich). The discrepancy between true solar time and mean solar time represents a calculable and predictable time interval known as the "Equation of Time". This phenomenon shows the accumulation of slight anticipations and delays that occur throughout the year due to the difference between the true and average solar day. This discrepancy is constant for all locations on Earth. This makes us perceive time as something objective and very precise, measurable to some approximations that now reach billionths of a second, resulting in a reassuring feeling of dominance and control. Gnomonics, therefore, appears today as an outdated discipline belonging to

ancient civilizations and artefacts. Gnomonics, therefore, appears today as an outdated discipline belonging to ancient civilizations and artefacts. However, although no longer useful for measuring time for the purpose of timekeeping human activities, gnomonic science continues to provide those inescapable geometric relationships between sunlight and shadows to predict the shape and size of the latter. Just as, despite the technology of today's highly precise watches, our existence as 21st-century human beings continues to be profoundly marked by its continuous and unstoppable changing. We have always existed as identities undergoing continuous mutation, both inside and outside of us, in the cathartic concept of cyclical natural events for which mutation itself is a "changing permanently". The shadows of ancient Gnomonics have been adopted in a similar way by some architects and artists whose work uses gnomonics' geometric instruments of time measurement, but not for chronometric purposes. These works show us the potential of art and architecture in facilitating our ability to observe and understand the world, both terrestrial and cosmic, both human and deified, as well as highlighting our role within them. For example, this is the case of the San Bernardo Chapel: this small church is a true jewel of architecture in the vast plains of the Argentine province. It was built in honour of the local patron saint of a small local community near the site where it stands. The chapel was designed by the Nicolás Campodonico Studio and is located in an area without services such as running water and electricity. The building owes its sacred atmosphere exclusively to sunlight and to nature all around: this structure, measuring only 92 square meters, takes advantage of the absolute flatness of the surrounding landscape, without any elevation, to implement a system of light projections that emphasize the ephemeral nature of solar light. On the main façade, facing exactly west, are two wooden rods, with no apparent relationship between them: every day, at sunset, sunlight coming from the southwest, west, and northwest[3] directions casts the shadows of the two rods on the chapel's inner eastern wall, until, joining a few moments before sunset, they end up delineating the symbol of the Christian cross[4]. Inside the chapel, the visitor can experience each afternoon the epiphany of the shadows, understanding the symbolic meaning of a crucifixion that is re-enacted every day thanks to the light that symbolically unveils the hidden meanings of the forms but above all allows the visitor a chance to experience the otherwise unperceivable rotation of the Earth around its axis. The physics of celestial motions and astronomy thus become geometric processes aimed at discovering the symbolic properties of light and shadows in relation to the shapes around us, eventually extending our awareness of space and time beyond the limits of our planet. Based on the same geometries of solar light is the artistic installation titled *Augenblick*[5]: near Prato, the Tuscan artist Fabrizio Corneli designed an impressive solar anamorphosis on the façade of the headquarters of the Targetti interior and exterior lighting company in 2011. Between 10:15 and 10:45 a.m., the thin metal slabs protruding from the facade cast a shadow outlining the face of a girl staring into the Sun. This significant image lasts for about half an hour; before and after, viewers can observe only discontinuous shadows on the wall. This meaningful image lasts for about half an hour; before and after, viewers can observe only discontinuous shadows on the wall. Sunlight-based installations are characterized by the changing nature of light phenomena and inevitably focus on the concept of passing time. The variability of sunlight, in terms of rays' direction and luminous intensity, generates a slow and gradual change in the cast shadows that makes the otherwise imperceptible rotational movement of our planet experienceable and evident. Observers can recognize the meaningful image only for a limited time, day by day, because of the perpetual variability of the Sun's rays, whose direction, during the day, changes according to the speed of Earth's rotation. Time, then, intervenes as an additional dimension of the artistic narrative, developing a linear succession of daily events. But sunlight-based anamorphoses also keep a record of the cyclical time of the seasons, a time that always returns to itself after a specific and measurable interval of months. Chronological time makes clear to the observer the uniqueness of that moment when the light projection appears in its significant and privileged shape, as an instant removed from a series of infinite ever-changing forms. In contrast, annual cyclical time, always returning, celebrates the day for which the shadow projection was designed. Like the motto of a sundial, Corneli's sunlight installations invite us to reflect on the fragility of life in relation to time's flow, at the same time comforting the observer about the continuous return of the chosen instant.

The conference, which was held on June the 9th in Naples, at the Department of Architecture of the Federico II University on the themes of geometry, architecture and astronomy for the representation and measurement of time thus tried to link, thanks to the multidisciplinary nature of the contributes offered by the authors, the continuous change over the centuries of the meaning of time and therefore of its measurement, according to the needs and the instruments of each era and society, interweaving astronomical knowledge with all its applicative declinations in technique, architecture and art through the wise use of the geometry of the sun's rays.

1.
F. Corneli, *Augenblick*, 2011 (courtesy of the artist).

Image p. 10:
Santiago Calatrava, *Ciutat de les Arts i les Ciències*, Valencia (Photo by Alessandra Pagliano).

Image p. 12:
Santiago Calatrava, *Ciutat de les Arts i les Ciències*, Valencia (Photo by Alessandra Pagliano).

Notes

1. Cfr. Pagliano Alessandra (2020). La gnomonica antica tra arte e scienza: geometria, storia e astronomia per il re-

stauro dell'orologio solare della Certosa di San Martino/ The ancient gnomonics between art and science: geometry, history and astronomy for the restoration of the sundial in the Charterhouse of San Martino. In Arena A., Arena M., Brandolino R.G., Colistra D., Ginex G., Mediati D., Nucifora S., Raffa P. (a cura di). Connettere. Un disegno per annodare e tessere. Atti del 42° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Connecting. Drawing for weaving relationships. Proceedings of the 42th International Conference of Representation Disciplines Teachers. Milano: FrancoAngeli, pp. 732-751.

2. Gnomonics was born among ancient populations in a geocentric cosmological conception, but even today this configuration is used as a study model for positional astronomy and to determine the geometric relationships between points on the Earth and the Sun, through the identification of the direction taken by the sun's rays.
3. Only on the days of the spring and autumn equinoxes does the Sun set exactly in the West. During the entire course of the year the sunset point moves in the band between the North-West and South-West cardinal points where the Sun sets respectively on the days of the summer and winter solstice.
4. https://nicolascampodonico.com/capilla-san-bernardo-2/
5. The concept of Augenblick ("instant") is understood as the inexhaustible meeting of past, present and future, from https://www.treccani.it/enciclopedia/ricerca/augenblick-/

Tools and techniques between history and contemporaneity for measuring time

Laura Farroni, Manuela Incerti, Alessandra Pagliano

The second conference, *Representing Time*, which took place at the Department of Architecture of the Federico II University of Naples on June the 9th, 2023, following the first one held in Palazzo Spada, Rome in 2022, continued to address the themes of geometry, architecture and astronomy in relation to the representation and measurement of time. Through the multidisciplinary approaches of the contributions presented by the authors, the concept of time was analyzed highlighting the evolution over the centuries and, then, the instruments and techniques for measurement were analyzed in relation to the needs of each era and population. In particular, this second conference focused on the intertwining of astronomical knowledge and the various applications in the technical, architectural and artistic disciplines that, from antiquity to the present, consciously and competently use the geometry of the Sun's rays. This thousand-year history of science, architecture, art, and technology led to the need to divide the contributions into three macro-categories, covering the themes of the relationship between ancient and contemporary, the tools and techniques used over the centuries for measurement, and then analyzing the contribution of new digital technologies. This second volume of the *Architecture Geometry Astronomy* series also includes essays that were not presented during the conference but participated through the call for submissions.

Beetween art and science in the contemporary era (A.P.)

Salvatore Capozziello's essay entitled *Time & Cosmology*, with which is the opening title of this book because of the breadth of its subject matter, starts by considering that space and time are two fundamental categories of human experience linked to the very concept of reality, in order to outline a critical-evolutionary history of the cosmological models with which attempts have been made over the centuries to describe the reality in a single system. In particular, Capozziello points out how every cosmological model is the result of a cultural environment and how cosmological speculation has progressed from mythic-religious conceptions to the current 'precision cosmology', which has the immense goal of measuring the universe in order to then be able to predict its evolution. But let us return to the Earth to analyze the evidence of celestial body motions that are closest to us, which for centuries has been the preserve of gnomonic science based on geocentric cosmological models, whose geometric relationships of position and alignment with respect to the Earth are fortunately still valid in contemporary terms of study models, despite the reversal of the same as a result of the heliocentric revolution. Gnomonics retains, however, its importance in offering its knowledge concerning the immutable geometric relationships between sunlight and projected shadows, allowing the prediction of their shapes and sizes. Despite the advent of technology with extremely accurate clocks, our lives in the 21st century are still strongly influenced by the incessant passage of time. This ephemeral and unstoppable dimension of time, which persists in contemporary life despite increasingly precise measuring instruments, has inspired the artworks of some architects and artists who have adopted the shadows of ancient Gnomonics, not for chronometric purposes, but in order to use them as geometric tools in the creation of their works. These artworks highlight the potential of art and architecture in facilitating our ability to observe and under-

Image p. 18: Santiago Calatrava, *Ciutat de les Arts i les Ciències*, Valencia (Photo by Alessandra Pagliano).

stand the world, both terrestrial and cosmic, both human and divine, while emphasizing our role within this vast context. Agostino De Rosa narrates this in his contribution entitled *Upwards/downwards: the Star Axis of Charles Ross*, which explores the complex interaction system between architectural structures and the desert landscape of New Mexico in the (partially) hypogeal architecture of the Star Axis by American artist Charles Ross (1971-1975) verifying both the geometry and the artistic effect of the astronomical alignments that can be experienced. But some architecture has always looked to the sky and related to it on the basis of precise scientific criteria. This is the case of the astronomical observatories described with great historical accuracy by Mauro Gargano, in his contribution entitled *The Solar Observatories on Capri*. The island of Capri has hosted emperors and artists who selected it for its priceless landscape values, but astronomers also saw in it an ideal site for scientific observations. Gargano points out how Tiberius' Villa Jovis (42 BC-37) was already equipped with a *specularium*, a tower used as a lighthouse and for observations of the stars since the emperor, who believed in destiny, scrutinized the sky in search of knowledge and omens for the future. The island's fortunes as a place for astronomical observations would continue over the centuries, with the construction of numerous towers and buildings dedicated to astronomical activities such as, for example, the Swedish Astrophysical Station in 1961. However, having transferred research activities to the Canaries, Capri's structures are now being converted for tourist and cultural uses, and the author ends his contribution precisely by showing some of these design proposals. The geometry of sunlight and the changing configurations of shadows oscillate, according to De Caro, author of the contribution titled *Architecture as a pretext for representing time*, between the idea of a theoretically predictable effect and the appearance of a phenomenon instead linked to the unpredictable occurrence of a variety of circumstances, primarily among them atmospheric ones. The essay highlights its perceptual and experiential dimensions in those architectures that, since antiquity, have been characterized by the interaction between plastic forms and light, thus revealing the passage of time, without, however, configuring themselves as measuring instruments or true archaeo-astronomical artifacts. The numerous case studies listed in this contribution describe their modes and meanings produced.

The History of Time Measurement as an Expression of Terrestrial Identity (L.F.)

Reading the testimonies of the past reveals the various ways in which humanity has related to the sky, light, and shadow from its earthly position, all while never forgetting the world in relation to the cosmos. Investigating the multiplicity of expressive forms constructed by humans for measuring time throughout the centuries may perhaps contribute to defining what Edgar Morin calls terrestrial identity today. Morin argues that we can hope for politics in the service of humanity that is inseparable from a civilization policy, paving the way to civilize the Earth conceived as the common home and garden of humanity. *Earth* is considered as the first and last *homeland* [...] that prompts us to reconsider the cosmos under the same sky [...][1]. I would add, that it helps us understand the transformations and evolutions in space-time that are useful to the humans of tomorrow.

Taking Morin's perspective further, the return to the multiplicity of the past complements the search for the new. "[...] Every human being, every community must irrigate its life with a constant circulation between the past, where its identity is rooted by connecting to its ancestors, the present, where it asserts its needs and a future in which it projects its aspirations and efforts"[2]. In this context, the Earth becomes the place of planetary humanity. Studying the measurement of time through the history of artifacts implies the identification of the local in the global, in a planetary dimension, through the continuous changing of light.

However, the characteristics that distinguish testimonies on time measurement are also due to the techniques and tools used for their realization. As Morin argues, techniques can migrate from one culture to another, as was the case with the wheel, yoke, compass, and printing press. This also holds true for some religious beliefs as well as certain secular ideas that, born in a singular culture, have been universalized. But in every culture, there is a specific capital of beliefs, ideas, values, and myths, especially those that connect a single community to its ancestors, traditions, and the deceased[3].

From this perspective, this volume seeks to give voice to various contributions that demonstrate approaches, methods, and tools for addressing the sky, both day and night, in diversified spaces, times, and places. Sky and earth, above ground and underground, real and ideal, where the power of light and its absence show cosmological models of Universe and Universes, encouraging further reflection on the aforementioned concept of terrestrial identity (Capoziello). The relationship between time and space is investigated through geometry and projective operations, revealing how the governance of the territory is not alien to celestial landscapes (Caranzano, Crosta; Cristofori; Gandolfi; Tessier; Zanini).

The traversal of history highlights how humans have developed and refined the control of the presence of light as a projective, creative, and manipulative process, a conscious choice through astronomical,

mathematical, geometric, and architectural knowledge (Monteleone). Observation of phenomena has allowed the elaboration and management of information. The processes of image elaboration concerning time measurement in the absence of direct light have delocalized events and multiplied the narrative aspects that scholars are unveiling today (Benoci).
The complexity of testimonies on time measurement has highlighted the need for inventorying and cataloging, linked to territorial and cultural identity (Lanciano; Ralha, Cabeleira, Lopes). This reveals the process of anthropization of a natural event, which can occur on a territorial scale, in a building, on specific structures, or in the relationship between them. All of this allows for the investigation of all aspects of artifacts: formal, geometric, material, typological, functional, and astronomical. Through them, the cultures of places that had profound respect for the sun and light are known.
The intention of traversing history through the knowledge of time measurement tools is to develop a new ecological consciousness, as it shows awareness of the orientation and exposure of what has been useful for the study of current and future contexts. Furthermore, tools, techniques, and methods for controlling light between past and present involve how these testimonies were constructed and calibrated to obtain the desired measurement, the predetermined information derived from the conception of the Universe to which they referred.
This latter field is broadly and diversely outlined depending on the areas of application: architectural, archaeological, small artifacts, and it opens up to the use of contemporary digital technologies for investigative purposes.

Digital technologies for survey, analysis and communication (M.I.)

The cosmos has captivated the imagination of all societies and cultures so widely that it is reflected in the entire heritage produced, including architecture, urban planning, landscaping, petroglyphs, mythologies, oral traditions and other cultural expressions (including sacred beliefs and practices). The increasing number of scientific studies related to these themes, growing over time, prompts new reflections on how digital technologies can truly innovate the processes and outcomes of research.
A substantial group of essays in this volume gathers around this question. Within these essays, one can grasp the willingness to experiment and the consequent reflections in all areas, levels, and scales of research on heritage with astronomical value: surveying, analysis (critical and statistical), and communication (Di Paola, Pizzarro; Pagliano, Incerti, Bonòli; Incerti, Mei, Zotti; Mei; Attademo, Coppola; Santoro; Caranzano, Crosta).
Advanced surveying technologies, such as laser scanners and digital photogrammetry, now allow us to create millimeter-precise 3D models of existing structures, where morphological data is complemented by material characteristics. For those engaged in these topics, it becomes increasingly apparent that, to study complex forms and surfaces, along with the astronomical traces represented on them, it is necessary to start with reliable data certified by instrumentation and operational procedures.
The reliability of the data enables researchers, using modeling software, to interpret the level of precision at the time of the construction of the structure, relating it to techniques, procedures, instruments, and accuracies estimated by the historians of astronomy. The contribution of Drawing is evident in how it can truly innovate this field of study, beginning with the acquisition of three-dimensional and material data, and then progressing to test and compare the potentials, especially the limitations (understood as approximations and lack of precision), of various rendering software that simulate the path of light on surfaces once the required inputs (which can vary) are entered.
These same 3D graphics software tools allow us to approach the field of communication more comfortably and confidently.
For just over 15 years, experts in digital visualization have been sharing objectives and principles outlined in the London Charter for the digital visualization of cultural heritage[4]. These themes have already been incorporated into one of UNESCO's documents related to the *Heritage of Astronomy*[5], within the framework of the *International Expert Meeting on Astronomical Heritage and Sacred Places* held in Gran Canaria in 2018 (where I participated on behalf of Italy)[6].
In the conclusive document titled *Building synergies: Gran Canaria Recommendation on Astronomical Heritage and Sacred Places*, at point 18, there is an invitation to "promote the knowledge of astronomical values and its dissemination through the use of multimedia approaches to describe complex scientific concepts in ways which are simple and accessible, in compliance with the criteria established in the London Charter for the Computer-based Visualisation of Cultural Heritage (2008)"[7].
For the sake of brevity, let's focus on a couple of aspects addressed in the Charter, starting with the theme of graphic language and the comprehensibility (in terms of data transparency) of the astronomical and geometric analysis process. In the introductory part of the Charter, it is emphasized that there is a need to strive for intellectually and technically rigorous methods and outcomes, on par with research methods in cultural heritage and the communication of research results. At the same time, these principles

must reflect the distinctive properties of digital visualization technologies and methods.
Experts confront these issues daily, critically choosing the type of graphic language to adopt. For instance, they weigh choices between a schematic and synthetic approach versus a realistic one (see point 2 of the Charter, which states that a digital visualization method should typically be used only when it is the most appropriate available method for that purpose).
In the second part of the document, specifically addressing point 4, the theme of documentation related to the assertion of knowledge (4.4) is explored: "It should be clear to the user what a digital visualization is attempting to present, for example, the current state of a site [...] its reconstruction based on evidence or hypotheses, as well as the scope and nature of any uncertain information." It is necessary, therefore, to make graphic choices that can make the different degrees of reliability of models readable within a communicative context.
In conclusion, it is scientific publication that can make a difference in a field like cultural heritage communication, which is increasingly focused on spectacular and emotional aspects, through the description of methods, processes, and languages used.

Notes

1. Cfr. Morin E. (2001). *I sette saperi necessari all'educazione del futuro*. Milano: Raffaello Cortina Editore, pp. 49-51.
2. *Ibidem*.
3. *Ibidem,* p. 36.
4. <http://www.londoncharter.org/ (this and all other links were accessed on November 27, 2023). The six goals of the charter are: 1) Provide a benchmark having widespread recognition among stakeholders; 2) Promote intellectual and technical rigour in digital heritage visualisation; 3) Ensure that computer-based visualisation processes and outcomes can be properly understood and evaluated by users; 4) Enable computer-based visualisation authoritatively to contribute to the study, interpretation and management of cultural heritage assets; 5) Ensure access and sustainability strategies are determined and applied; 6) Offer a robust foundation upon which communities of practice can build detailed London Charter Implementation Guidelines (draaft 2.1, 7 February 2009).
5. <https://www3.astronomicalheritage.net/index.php/about/what-is-astronomical-heritage>.
6. <https://whc.unesco.org/en/events/1433/>.
7. <https://whc.unesco.org/en/news/1830Z>. "Promote the knowledge of astronomical values and its dissemination through the use of multimedia approaches to describe complex scientific concepts in ways which are simple and accessible, in compliance with the criteria established in the London Charter for the Computer-based Visualisation of Cultural Heritage (2008)". This paragraph, along with the previous 17, was proposed by the writer, shared by all participants, and therefore included in the recommendations.

Time and Cosmology

Salvatore Capozziello

Key words
Cosmology
cosmological Model
Cultural Anthropology
Scientific Cosmology

Introduction

Whenever one deals with cosmology, both in philosophy and science, some more or less "lawful" questions arise that often have no answer. One obviously starts from the question "What is cosmology?", or "What is it for?". "Is it a "Galilean science" in the strict sense or is it a "meta-science"?. To follow: "Why are there so many cosmological models if the Universe we observe is only one?" and again "What role do physics, mathematics and astronomy have in cosmology?". "What are the relationships between cosmology, philosophy and religion?" up to "ultimate" questions such as "Is time in cosmology cyclical or linear?" or "Are there one or more Universes?". The list could go on and on and this testifies to the fact that, willy-nilly, the "cosmological problem" is present in all cultures, in all ages and in all religions. It is naturally connected to the conception and perception that human beings have of the world.
Therefore, it becomes interesting not only to understand the Universe in its structure and evolution, but also to understand what the impact of cosmology has been in a given historical period. In other words, cosmology has always had a cultural value that can be positive (frame the "Universe" problem in a particular philosophical, religious or scientific system) or negative (it is useless to ask the question of what the universe is and how it evolves because it is not a "practical" problem).
In particular, it is interesting to note that the same sensible, universal and necessary intuitions with which Kant defines space and time (Kant 1995), can become "operators" by which to measure the universe and describe its evolution. We thus end up with the modern conception of space-time (Hawking & Ellis 1973), treated as the very evolutionary structure of the cosmos. In other words, the space-time of modern scientific cosmology coincides with the universe itself and determines its evolution (Kenyon 1990).In this essay, we want to outline, without claiming completeness, the role of time (and necessarily of space) in cosmology starting from the *sen-*

sorium Dei of ancient cosmologies, up to the concept of multi-temporality of quantum cosmology which overwhelmingly places the problem of the initial conditions from which the universe we observe evolved. Obviously, this leads to the so-called Many Worlds Interpretation (Everett 1957) in which multiple universes (and therefore multiple space-times) are conceivable. Specifically, modern physics is facing the problem of quantum space-time in which both space and time cannot be conceived as a *continuum*, but as discrete entities. Ultimately, starting from the mythical-religious cosmological models up to the current *Quantum Cosmology,* we pass from the perception of time of a subject (the Human Being) who "feels" time passing, to a general definition of the time it takes to establish a universal chronology, up to an "operational" conception of time that allows us to measure the evolution of a physical system, for example the universe itself (Capozziello & Faraoni 2011). Taking this approach to extremes leads to the formulation of the concept of "discrete time" and of different times for different systems, i.e. different possibly uncorrelated Universes (Capozziello & Boskoff, 2021).In this perspective, "representing" time, not only as a chronology of phenomena, but as an indicator of multiple possible realities becomes essential. The essay is structured as follows. We will briefly outline the relationship between cosmology and culture by essentially posing the problem of how the relationship between the human being and the Universe can be essentially objective or subjective. We will therefore deal with the historical developments of the concept of "cosmological model" distinguishing mythical-religious, philosophical and scientific models. The salient point for moving on to a totally scientific conception of the problem is Kant's observation that philosophy is inadequate to answer the question of how the universe is made. We will therefore outline the problem of how cosmology can be classified among the "exact sciences" thanks to the application of the methods of precision physics to a dynamic system which is the Universe itself. We will therefore conclude with the extremes of this discourse: If the Universe is a physical system, what are its initial conditions? More specifically, what is the probability that an observable universe (such as ours) will materialize? In other words, *Quantum Cosmology* re-proposes philosophical questions that question our conceptions of space, time and reality.

Cosmology and Culture

In all ages, every culture has asked itself fundamental questions such as what is the nature, structure and purpose of the Universe. In particular, one of the objectives of many philosophical systems is to seek the relationship between the human being and the Universe, therefore between the time of human being and the time of the Universe, between the *Kairos* of the individual and the universal *Chronos* (Ruggiu 1998). These relationships can be twofold: objective, i.e. the human being is a "conscious" component of the Universe, or subjective, i.e. how the human being perceives and conceives the Universe. In other words, what the man-subject means by the Universe. The systematic and articulated speculation of these problems has also taken on aesthetic or even juridical connotations. Anaximander calls *Kosmos* all that is governed by law, hence the Cosmology. Conversely, *Kaos* is the total absence of law (Sambursky 1959). In other words, the *Kosmos* is that which is "ordered in time". Therefore, quoting Cassirer again "Separating the cosmological problem from philosophy and from man's "ultimate" questions risks making this research a mere intellectual exercise, which cannot be placed in the extended framework of a more general cultural anthropology" (Cassirer 1992, p. 357). It should however be noted that, until the end of the eighteenth century, cosmology was considered a metaphysical discipline, with the negative connotations attributed to this term by positivist thought. Cosmology was confused with the philosophy of nature and, therefore, considered of little epistemological value. You cannot do "experiments" on the Universe, therefore the galilean method was not applicable to the whole *Cosmos* even if, indirectly, this method is valid in astronomy and astrophysics.

This bias survived until recently. The great Russian physicist Yakov Zeldovich used to say that, in Stalin's time, those who studied cosmology in the USSR risked the gulag because this discipline was considered "useless" and "bourgeois" (Ginzburg 1994).

To define a beginning of scientific cosmology and consider the latter as "the science that studies the shape, the physical laws, the origin and the evolution of the Universe" (Geymonat 1988) we have to reach October 1917. On this date, Albert Einstein presented a paper to the prussian Academy of Sciences in Berlin, in which he developed his cosmological considerations using General Relativity (Einstein 1995). The Universe is treated as a dynamic system described by relativistic field equations, the solutions of which can, in principle, define its geometry, evolution and matter content. The cosmological problem is not addressed starting from a philosophical system, but is considered the application of a scientific theory that can have an observational confirmation. In other words, the model of the Universe does not come from a particular vision of the world, but is, instead, the solution of a system of equations that are independent of any philosophical vision. The Universe is a dynamic system that eventually evolves over time. Einstein does everything to obtain a static universe model because he suffers from the prejudice of his era. This model will be definitively de-

nied between 1924 and 1929 by Edwin Hubble who discovered the recession of galaxies (Hubble 1958). The application of General Relativity to cosmology has given this discipline a profound epistemological value, placing it among the most profitable sectors of the current Theory of Knowledge. In conclusion, any rational approach to cosmology cannot ignore physical reflections on the nature of space and time. Currently, cosmology is a very active research field that can be located at the intersection of various disciplines such as astronomy, physics, mathematics and (also) chemistry and biology.

Historical developments of the concept of Cosmological Model

As mentioned, cosmological speculation is typical of all ages. A "cosmological model" often reflects the cultural needs of a given civilization. A cosmological model is the fruit of the cultural climate, of the political and religious structures of the era in which it is formulated.

If we wanted to attempt a classification, we could say that the models of the Universe can be mythical-religious models, i.e. part of a religious creed, philosophical models, i.e. part of a philosophical system which aims to tell how the world is made, and scientific models, based on physical-mathematical theories which, in some way, must be supported by observations (Capozziello 2005).

Furthermore, every classification cannot ignore the problem of the origin of the Universe (cosmogony), the study of the laws that regulate the Universe (proper cosmology) and the description of the position of celestial bodies or of the various cosmic components such as matter, radiation and, more recently, dark matter and dark energy (cosmography). These three branches of the cosmological problem are often confused and assembled in a single theoretical system, while the investigative tools can be extremely different. For example, mythical cosmogonies resort to poetry, quantum cosmology, to theoretical physics, while cosmography needs ever more precise observations to formulate correct cosmological laws based on data. In particular, as mentioned, many primitive models are framed in mythical-religious conceptions or assumed as part of a religious creed. Time plays a marginal role and does not serve to describe the evolution of the Universe. The aim of these models is essentially ethical-moral and not scientific in the modern sense of the term. The cosmological models of the Bible, of the Assyro-Babylonians, the cosmogonies-theogonies of archaic Greece and of Germanic mythology fall into this category. For example, in *Creatio ex nihilo*, but the union between two or more elements, such as the feminine and the masculine principle. This union takes place outside of physical time and therefore the Universe is generated as it is and does not evolve.

For the Jews, the Universe is "The Tent of Heaven" which includes the Abode of God. The Earth is a platform floating on the Ocean. The Jewish people never devoted themselves to astronomical questions and the reference is the Babylonian one. For the Jews, God is omnipotent and it is useless to seek natural laws where the mutable will of the Creator can change them at will at any moment.

In archaic Greek speculations, however, we encounter a single principle, the so-called Cosmic Egg of Hesiod's Theogony (Sambursky, 1959).

The paradigm is often this: the Universe originated from a divine creation at an indefinite (often non-physical) time; the Universe is geocentric and anthropocentric; the Universe is static. Its structure is not investigated by scientific instruments (not yet existing or sufficiently developed) and a priestly caste "dogmatizes" the cosmological model by inserting it into a religious doctrine. The Universe system does not evolve (Bothun 1998).

At one point, some Greek astronomers, such as Hipparchus, Aristarchus and Ptolemy, recognized the key role of observations (made with the naked eye). They represent the prodromes to the theoretical-practical vision of cosmology that will take its cue in the Renaissance.

The works by Tycho Brahe, Copernicus, Kepler, Galileo and Bruno began the progressive detachment of cosmology from a mythical-religious vision to evolve towards a true scientific conception. We can identify two crucial facts that took place in the Renaissance: infinite models of the Universe were conceived (Bruno) as opposed to the classical-medieval closed systems; the use of scientific instruments (Galileo's telescope) was proposed for astronomical observations. Even if cosmology cannot be "experimentally tested", the observations contributed to an objective formulation of cosmological models and, for the first time, the (scientific) debate on the structure of the geocentric or heliocentric world was born. See Galileo's *Dialogue concerning the two main world systems* (Galilei 1982). Consider also the interesting essay on Renaissance cosmologies by Michel-Pierre Lerner (Lerner, 1992).

With the advent of Newtonian mechanics, it seemed that the cosmological problem could be defined by assuming the existence of physical laws describing the structure of the Universe. For example, the Kant-Laplace hypothesis supposed the origin of Solar System starting from the dynamic collapse of a cloud of primordial gas. Ultimately, it seemed that, sooner or later, the mechanics formulated by Newton would be able to tell how the Universe is made.

In the second half of the 18th century, however, Immanuel Kant himself took part in this debate, recognizing the impossibility of achieving transcendent metaphysical knowledge (Kant, 1995). Its four an-

tinomies (cosmological and ontological) can be formulated as follows:

The World is "limited" in Space and Time.
The World is "unlimited" in Space and Time.

In the world everything is "simple".
In the world everything is "composed".

Becoming is "free".
Becoming is "necessary".

There is a necessary Being.
"There is" nothing necessary.

The conclusion is that philosophy is inadequate to answer the question of how the world is made. Coming to the particular case of cosmology, we could say, in modern language, that philosophy does not have the theoretical-practical tools to solve such antinomies.

Cosmology as Science

Let us come to cosmology, understood as a science, which uses theoretical and observational tools to answer the questions of how the Universe is made, how it originated and how it is evolving.
As mentioned, through Einstein's equations, the Universe can be treated like any self-gravitating physical system. Time is a parameter that tells how geometry, i.e. space, evolves. The gravitational field is the physical interaction governing the entire Universe. In particular, Friedman and Lemaitre demonstrated that the Universe is a system that evolves and had an origin in time (Big Bang). Wheeler introduced the concept of geometrodynamics (Misner, Thorne, Wheeler 1970). In other words, the Universe is a geometric structure that evolves over time and is governed by physical equations.
Thanks to General Relativity, the observations tell us that looking far into space means observing the Universe at other times and the measurements of the cosmological parameters tell us that these evolve over time. Starting from this, it is possible to trace a "cosmic history" that had an origin and according to which the Universe is an expanding system.
The set of all the observations makes it possible to reconstruct detailed maps of the Universe at various times and for this reason we speak of Precision Cosmology. In this sense, we can say that it is possible to apply the methods and tools of fundamental physics to the Universe itself (i.e. the Physics of Elementary Particles) and we often speak of Astroparticle Physics. In principle, we can say that the Universe has a duration and an extension.The system evolves by undergoing phase transitions in which the various material fluids present in it (radiation, particles and more) determine its evolution. In particular, the cosmic microwave background gives us information on the origin of the Universe and on large-scale structures (Kolb & Turner 1990). Thanks to observations, the image of the current Universe is extremely detailed. This allows us to extrapolate cosmic evolution up to primordial eras. Thus we arrive at the so-called Standard Cosmological Model (Weinberg, 1972) based on General Relativity and on Physics of Elementary Particles.With these considerations in mind, and for consistency with other fundamental theories of physics, the early Universe must have been a quantum system. In fact, every theory of physics must have its quantum counterpart. See, e.g. Classical Electrodynamics and Quantum Electrodynamics and so on. Thanks to this observation, we must necessarily assume that, at a certain epoch, the Universe was in a quantum state and then evolved towards the epochs that we are able to investigate through precision observations. We conclude that we must formulate a Quantum Cosmology, that is a branch of cosmology studying the initial conditions from which the Universe we observe today emerged. This consideration, however, poses a huge problem. Each quantum system represents a "collection" of objects so, applying Quantum Mechanics to Cosmology, we have to assume multiple copies of the Universe itself. We could, in principle, obtain observable universes (that is, dynamic systems that evolve in space-time) and unobservable universes (that is, systems in which time loses the notion of evolutionary parameter). Clearly we are in the realm of pure speculation since until "experimental" evidence, observations, or, as they say in jargon, "signatures" of other universes are found, these considerations are only theory. In other words, despite the successes of today's observations, the Kantian antinomies mentioned above forcefully re-emerge. Technically we arrive at the so-called Many Worlds Interpretation of Quantum Mechanics (Everett, 1957).
In the standard interpretation of Niels Bohr (called the Copenhagen Interpretation), the classical observer makes quantum measurements and interprets the averages as classical physical quantities.
In Hugh Everett's interpretation (called Many Worlds Interpretation), observer, physical system and measurements are all quantum objects.
The probability of an occurring event coincides with the frequency of its occurrence, unlike the standard interpretation. Every physical system (therefore every universe) can evolve independently as one of many copies of the same system. This leads to considering multiple evolutions (times) and therefore multiple universes (we must thus speak of the so-called Multiverse, i.e. the ensemble of all possible universes).If different systems (universes) interacted, there could be observational evidence (for example,

Image p. 26:
Wormhole, the space-time tunnel to connect two universes. (Iconographic source: Ai confini della Relatività, Aula di Scienze, Zanichelli. Image shutterstock.com).

in the cosmic background radiation). If, however, it were demonstrated that the topology of the universe is complex, we could pass from one universe to another via space-time tunnels (wormholes which are possible solutions of Einstein equations).
Obviously, as mentioned above, we are in the realm of pure speculation even if supported by a self-consistent and mathematically rigorous theory.
We can conclude that cosmology as a science has by no means exhausted the Cosmological Problem but, perhaps, has opened up new scenarios and unexpected perspectives.

Conclusion

The concept of Cosmological Model is present in all ages and in all cultures. It often represents the paradigm of the conception and perception of the world of a given people. In other words, cosmology and culture are intimately related and are expressions of a given historical period.
Scientific Cosmology has demonstrated that the Universe is an evolving physical system. In such a system, time has an objective meaning: it tells us how geometry changes so it no longer has a metaphysical meaning. However, taking the matter to extremes, if the primordial Universe is a quantum system, we can assume more copies of the same, therefore more times and more "evolutions". In other words, the search for the initial conditions from which our observable Universe emerged poses a crucial problem: are there one or more dynamical systems that we can call "universes"?
If future astronomical observations of very high precision were to confirm the Multiverse, our conception of Reality, causality and time would be totally revised opening new perspectives for science, philosophy and religion.

Upward/downward: Charles Ross's Star Axis

Agostino De Rosa

Key words
Minimalism
Land Art
Light Art
Geometry
Astronomy

Introduction

This essay intends to explore the complex system of interaction between the partially underground architectural structures and New Mexico's desert landscape in the project known as *Star Axis*, conceived from 1971 by the American artist Charles Ross (1937) and started to build since 1975. In particular, the creation of a digital clone of the work (nearing completion and whose official opening is expected in 2025) by the *Imago rerum* team, at the Iuav University of Venice, for a forthcoming exhibition, has allowed the study of the astronomical alignments that can be experienced inside and outside of each of its single 'rooms' (each of them linked to plurisecular astronomical cycles), but also the environmental insertion strategies adopted by Ross to structure a full interpenetration between astronomical-estimative function, spatial organization and ecological system of the *mesa*.

Charles Ross, Messenger of Starry Light

Charles Ross's *cursus studiorum* (McEvilley 2012) outlines the profile of a very atypical personality in the US contemporary art world: after earning a first level degree (Bachelor of Arts) in *Mathematics* in 1960, Ross obtained a Master's degree in *Sculpture* in 1962, both at the University of California (Berkeley). But it was only in 1965 that the artist began to develop his first significant works, i.e. transparent prisms in acrylic of large dimensions and shapes (Malle 2000; McEvilley 2012): these were minimal forms that refracted and deflected both the light and the visual perception, sometimes also thanks to the liquid contained inside them. These chromo-luministic works led him to experiment with the projection of huge bands of solar colors in different architectural spaces, among which we mention here *Solar Spectrum*, commissioned in 1992 for the Harvard Business School Chapel, in collaboration with the

architect Moshe Safdie, and the *Dwan Light Sanctuary* designed with Laban Wingert in 1994 for the United World College campus in Las Vegas (Oakes 1995, pp. 46-55). Convinced of having to contribute with his work to translating cosmic phenomena into everyday experience (Ross 2007), Ross continued his research by grouping ever-larger prisms, oriented with extreme precision according to the path of the Sun and installed on skylights and windows of public buildings: the solar spectra thus obtained from the diffraction of natural light produced cascading effects on the internal walls, until they reache the floor at certain times of the day, therefore in continuous mutation as they are connected to the roto-oscillatory motions of the terrestrial and orbital axis of the Earth. Perhaps it is precisely during this creative phase that Charles Ross began to become familiar with the complex kinematics of our planet and with the phenomenon of the precession of the Equinoxes (Dehant and Mathews 2015) which, as we will see later, will inform part of his mature work, represented by the *Star Axis*. It is no coincidence that, when a site specific installation of prisms was commissioned from him in those years, he began his work by questioning the geography of the place, but above all its cardinal and cosmic orientation, in such a way that his works received maximum daylight. In 1967 Ross joined the circle of artists belonging to the New York *Dwan Gallery* (Celant 2016; Meyer 2016) where some important artistic movements of the last century took off, such as *Minimalism*, *Light Art* and *Land Art*, increasingly defining the focus of his creative poetics: that is, the discovery and materialization of the forms and structures contained in cosmic radiation. By exploiting the light of the Sun and later also of the stars as the main light sources, his work - which also contemplated painting, drawing, photography and sculpture - was thus able to unleash the experiences of the primary solar color and to translate the celestial geometries into forms plastics or graphics. Ross believed that art could create gates through which to access a greater natural order (Plevin 1991; Sakane 1982), ignored in the common experience of the user, thus awakening the perception of him/her and above all triggering the apperception of it. This approach was even more evident, albeit in a paradoxical form, in his pictorial works created through the use of dynamite, to which the author mixed pure pigments: thus, when the explosion was triggered, it was able to produce graphisms and chromaticisms traced according to stochastic and probabilistic rules on huge sheets of paper, metal plates or directly on the ground, traced back to primeval canvas. Ross's model here was that of the representations connected to quantum physics' equations, learned during his university studies, representing the curves that photons, i.e. light particles, can potentially follow when they pass through matter, whatever the layer of its cosmic dimension (stratosphere, nanosphere, event horizon, etc.). For obvious safety reasons, most of these works were created in the middle of the desert, a place chosen in the same years by other artists with different expressive purposes (Saad-Cook 1988): the explosions generated huge colored clouds, in which Ross was able to use the entire chromatic spectrum contained in the gunpowder, diffused by the explosion on adequately prepared aluminum plates (*Dinamite Paintings*), or even on paper, using a specific triggering cord (*Particle Light Drawings*). Thus, Ross's expressive language over the years has moved more and more towards a consonance between the perceptive experience of his works on the part of the user and the everlasting laws that oversee the macrocosm, triggering virtuous processes of knowledge, even scientific, of space celestial and how it connects with the terrestrial one. It is also worth mentioning here the so-called *Star maps* presented in Italy by Ross during the Venice *Biennale* (1986) dedicated to *Lo Spazio,* and curated by Giulio Macchi (with the collaboration of Arnaldo Bruschi). They constituted a particular form of artistic-cultural mediation with respect to the physical object placed at their centre: the stars and their aggregation in constellations. These were large paper works - 2.72 meters high by 7 meters long - which established a very direct and physical relationship with the viewer. They were based on 428 photographic negatives extracted from the *Falkau Atlas*[1], a photographic star atlas that Hans Vehrenberg made in the 1950s for amateur purposes. This album showed stars up to the thirteenth degree of magnitude, well beyond our perceptual limits which reach only up to the sixth degree (including the palest stars still visible to the naked eye). The negatives from the atlas were arranged by Ross so as to cover the entire Celestial Sphere, from one pole to the other: the point of view considered by the artist was that of an observer positioned at the center of the Earth. The maps produced were therefore portions of the celestial cap, in the form of wedges or amygdales, the only ones capable of approximating the development of that non-developable surface. Some cuts divided the sphere into bands that corresponded to the tenth degree of Earth's latitude in the sky, baptized by Ross *earth-space cut*; others were determined by the limits of the constellations, as these were defined on the occasion of the International Congress of Astronomy in 1920, or *mid-space cut*; and finally a third type approximated the subdivision of the sphere into triangles whose vertices corresponded to the radius of movement of the stars in one hour of time, *earth-time cut* (a trace of it will be found in one of *Star Axis*' rooms). In each of the three cases, the Earth, in a different way, became the measure of the entire universe.

Still connected to this cyclical sense of terrestrial and celestial time was the series entitled *Sunlight Convergence/Solar Burn: The Equinoctial Year, September 23, 1971–September 22, 1972*, which later evolved into *A Year of Solar Burns* (1993), a work commissioned by the Minister of Culture Jacques Toubon for Chateau d'Oiron's Salon Verte (15th century, Loire valley, France) (Martin 2000, 170-173). There, a series of evocative images made in New Mexico were exhibited, obtained by placing a series of white wooden panels under a large magnifying glass, known as a *Fresnel lens*. The 365 images thus obtained constituted a portrait of sunlight drawn by the Sun itself, capable of evoking the different environmental and celestial conditions in which they had been produced: a clear sky, for example, was capable of generating a broad and nuanced burn from fluffy rough edges; while the passage of the clouds created an interruption in the sign outlined by the cauterizing process of refracted Sun (Ross 2007). The fact then that these 'burns' presented a concavity facing to the right or to the left instead allowed us to deduce that they had been produced during one of the two Solstices; while the rectilinear burn suggested, as the day of its genesis, one of the two Equinoxes. Whether continuous or interrupted, and conceptually opposed to the functioning of solar prisms, the *Solar Burns* returned a physical portrait of the temporal nature of the solar spectrum, and at the same time outlined a projective biography of it. Furthermore, Ross discovered that when arranged successively, following their curvatures, in chronological order, from summer to winter, the Solar Burns traced a reverse double spiral, which accurately depicted the rotation of the Earth around the Sun during the year. This *Solar Burn Spiral*, engraved in the floor of the French castle, was very similar to the double spirals found in various prehistoric petroglyphs and in many sculptures of native Indians, such as the Anasazi of Chaco Canyon (New Mexico), who used it to create their own solar calendar. For Ross, this graphic line was also the generating element of the infinity symbol, the design of which resulted from the internal dialectic between terrestrial and celestial forces acting on different time scales.

These and other works executed by Charles Ross marked the artist's progressive approach to an increasingly architectural scale of his creativity which culminated in the creation, starting in 1975, of the *Star Axis*, his famous earthwork located at Chupinas Mesa, a plateau mountainous belonging to San Miguel County, one of the thirty-three counties of New Mexico (USA).

Measuring celestial space: aims and historical-geographical context of the project

Located only an hour and a half away from Santa Fe and one hundred miles east of Albuquerque, Chupinas Mesa sat on the border between civilized areas and wilderness, isolated yet easily accessible. A primitive landscape surrounded by large ranches that made the profile of the *Milky Way* visible in the night sky, thanks to the almost total absence of light pollution produced by large urban areas. From that plateau, suspended over the desert, it was possible to extend the gaze up to six hundred kilometers, a sufficient distance to perceive the curvature of the earth's surface (Ross 2007). We must trace the beginning of Charles Ross's search for the ideal place in which to set his visionary project back to 1971: starting from then and in the following four years, in fact, he intensified his explorations throughout the West US, visiting Utah, Nevada, Colorado, Texas and finally New Mexico. In addition to the technical-orographic requirements, the author began to realize that he was looking for a deeper and more metaphysical quality of the site, still opaque at that time: "For some reason, I kept coming back to the New Mexico *mesa*. Only much later did I realize that the powerful spirit of this place gave me the sensation of being on the border between earth and sky. Here, both elements had equal weight, and from here one could appreciate the curvature of the earth, as if looking out towards an ocean of light that stretched across the plains." (Ross 2007 w.p.i.)

In 1975 Ross finally bought Chupinas Mesa, a plateau of about four hundred acres - covered with piñon, juniper, dwarf oak and cholla cactus - from W. O. Culbertson Jr., owner of the original cattle ranch. The land transaction cost the artist about $3,000,000, an amount partially covered by donations from individuals, corporations, foundations and the sale of other works by the artist. From 1975 to 1980 Ross completed the aerial surveys and the drafting of the necessary topographical surveys of the site, building eight kilometers road to guarantee the vehicular access to the area, in the meantime subjected to complex operations of earth moving, thanks to the use of gigantic excavating machines: "Every element of the Star Axis – every shape, size and angle – was first discovered through astronomical observation and then lowered to earth – the geometry of the stars anchored to earth and rock. The work is constantly evolving. I never finished my projects until we were able to build every section of it. Star Axis must appear as if it had grown out of Earth – not imposed but discovered, found on site." (Ross 2007 w.i.p.) [figg. 1-2]

Ross's intention with the *Star Axis* was to make perceptible different types of sidereal and temporal events, connected to the orbital and rotational movement of the Earth, through a series of astronomical naked eye observatories and their cast shadows. In the words of the designer, "the days, years and ep-

1.
Charles Ross, *Profiles of the shadows cast daily, every noon, on the ground of the mesa by the gnomon*, 1972.
© 2017 by Land Light Foundation

2.
Charles Ross, *Weaves of Ages/Polaris/Thuban*, 1975. © 2017 by Land Light Foundation

ochs that extend beyond the point of being able to distinguish them, will all be inscribed in this work. Time will be expressed in a less anthropocentric, less automatic way." (Ross 2007 w.p.i.)

For Ross, the *Star Axis*, once completed, will allow its visitors to directly confront cosmic cycles whose duration and permanence are incommensurable with respect to finite human existence. The work is therefore part of that complex design *milieu* that has involved many contemporary artists, especially Americans - James Turrell (De Rosa 2007), Nancy Holt (Williams 2011), John Luther Adams (Adams 2009), Michael Heizer (Fox 2019) - and Europeans - Hannsjörg Voth (Voth 1987) and Lorenzo Reina (Colonnelli 2023) -, who have chosen to explore isolated or desert landscapes, literally suspending their works between the earth and the sky, in the sparkling light of those pristine expanses, in search of an order and a sidereal measure in the movement of the Sun and the stars. The digital reconstruction work, in the case of *Star Axis*, has been developed by *Imago rerum*[2], a research team specialized in eidomatic restitution of famous earthworks - such as, for example, the *Roden Crater project* by James Turrell, located in the Painted Desert in Arizona (USA) -; or of environmental installations - such as *Sila* by the artist and composer John Luther Adams -, but also of the consultancy of prof. Ronald W. Canterna (University of Wyoming, USA).

The closest house to the site is 40 km away, and is located in the city of Las Vegas, New Mexico - not that of Nevada -, an ancient and important railway and commercial hub, which has now become a ghost town. The *plateau*, in addition to allowing excellent visibility of the celestial vault - being almost absent any form of humidity and light pollution - offered the necessary space for the construction of an naked eye astronomical observatory comparable, in size, to an eleven floors' building, with a longitudinal extension of about one hundred and sixty meters: a titanic work on a human scale and, at the same time, tiny when compared to the desert dimension and, above all, to the celestial one. Ross' choice to look for an isolated place in which to set his work was shared by many projects of the so-called *Land Art*: this type of intervention has always required perceptually 'auroral' places, often involving the enormous movement of tons of earth and the handling of heavy building materials - steel beams, tons of concrete and stone - in the middle of nowhere. The *Star Axis* is outlined today as a huge sky-oriented architectural sculpture of granite, sandstone, concrete and stainless steel. The work, as already anticipated, outlines alignments between the terrestrial site and some celestial objects, translating the stellar geometry into a form that can be perceptually experienced by the human user [figg. 3-4]. The spaces that configure it, placed in succession, offer the visitor a series of environments in which to experience above all the earth's axis' rotation in different time windows such as, for example: during each hour of the earth's revolution, or the passing of the seasons; according to the historical increments of the 26,000-year cycle linked to the precession of the Equinoxes, and so on. It is therefore an ideal place to explore the interpenetration of space and time, pulverizing the secular horizon. One of the first operations carried out by Ross on the Chupinas Mesa plateau was to excavate with dynamite a sort of inverted truncated conical amphitheater, whose walls were inclined and oriented in relation to some celestial configurations, inserting a cylindrical tunnel, sixty-five long meters and with a diameter of just over two meters. The upper end of the *Star Axis* thus rose, with respect to the plane of the mesa, by about twenty meters, resulting surrounded and supported by a masonry of dry-weave stones. To achieve all this, the artist had to make intensive use of dynamite which allowed him to model the arid and rocky space of the desert with greater ease. Ross is in fact one of the rare people in USA to have been authorized by the FBI to use dynamite on US soil for non-war purposes. This earthwork is divided into five main parts:

- the *Star Tunnel*, whose axis is perfectly parallel to the Earth's one, walking through which it is possible to go through the entire history of the dynamic alignment of the Earth with respect to the North Star;
- the *Solar Pyramid*, which documents the daily and seasonal movements of the Sun across the *Shadow Field*;
- the *Hour Chamber*, from inside which you can observe every hour of the Earth's rotation;
- the *Equatorial Chamber*, where it is possible to appreciate the visible stars at the Celestial Equator.

The tectonic element that most strikes the visitor at the *Star Axis* is the portion of the inverted cone embedded in the rocky surface of the *mesa*, covered externally in masonry, as we mentioned earlier. It is precisely within this surface (made entirely of steel) that the *Star Tunnel* is inserted, for its first half visible from the outside and in spatial dialogue with the other elements of the project, while its remaining part is immersed in the granite massif which conceals its inner structure. Access to it takes place from its base, from which the visitor is introduced to a long 60-metre long staircase, whose slope and therefore whose axis are perfectly parallel to the Earth's axis and its ideal extension towards the North Celestial Pole. In particular, at the top of the *Star Tunnel* there is a stone oculus which frames a portion of the northern sky[figg. 5-8]: Ross was inspired to build this part of the work when he understood that the enormity of time and space that Polar Star takes during the years (25772) in which the cycle of precession takes place, could be rendered visually

3.
Charles Ross, *Cross Section on Star Axis*, 2000.
© 2017 by Land Light Foundation

4.
Charles Ross, *Walking up the Star Tunnel,* 1994.
© 2017 by Land Light Foundation

5.
Charles Ross, *Star Axis*, 1975, New Mexico. The entrance to the *Star Tunnel*.
© 2017 by Land Light Foundation

6.
Charles Ross, *Star Axis*, 1975, New Mexico. Shot of the *Star Tunnel*.
© 2017 by Land Light Foundation

7.
Charles Ross, *Star Axis*, 1975, New Mexico. Reverse shot of the *Star Tunnel*.
© 2017 by Land Light Foundation

8.
Charles Ross, *Star Axis*, 1975, New Mexico. The summit oculus from which to observe the dance of Polaris.
© 2017 by Land Light Foundation

and cinematically in *Star Axis*' architecture. While it is commonly believed that the Earth's axis points exactly toward sidereal north, this alignment is actually not accurate, implying that Polaris appears to draw a small arc across the night sky. To this phenomenon is added the fact that the rotational motion of the Earth is not stable, describing a double cone from opposite vertices, which moves away and then moves close our planet respect Polaris. Therefore, when the Earth's axis points to other celestial areas, then Polaris also seems to describe progressively larger circle' arcs in the sky, renouncing its role as the North Star. Each of these circles can be interpreted as a celestial indicator in the history of humanity: invisible to casual observation, the Star Tunnel makes this oscillation perceptible. Thus, from the first step of the long staircase it is possible to frame, at night, the minor circle of the circumpolar orbit of Polaris, whose apparent size corresponds to that of a coin placed at arm's length (1/2°) from the observer. From the last step, on the other hand, the visitor can observe the major circle of the orbit of the Polar Star subtended to the entire visual field (95°). For those who find themselves going through the *Star Tunnel*, the portion of sky framed by the circular section of staircase's final oculus will progressively frame the orbit of the Polar Star in a precise period of the history of our universe. The path to this oculus is thus able to exhibit the circumpolar orbits around the celestial North Pole as they have been expanding and contracting since 13,000 BC. to 13,000 AD: time scans suggested to the visitor by the dates engraved on each of the 147 steps that make it up. One of the most suggestive views of Polaris granted by the tunnel is the one in which the star will move, almost dancing, along the edge of the oculus. Precisely the cyclic nature of the precession will guarantee the tunnel visitor to observe something that happened in the night sky of a remote past, as well as of the near future: in short, it is a time machine.

In the *Hour Chamber* [fig. 9], inside the *Solar Pyramid*, it will instead be possible to appreciate, always during the night, every hour of the rotation of each star framed in the northern sky. The Pole Star will be close to the upper vertex of a triangular aperture, specifically framed under an angle of 15°, appearing fixed, while the circumpolar stars take exactly 60 minutes to pass from any point along the left edge (facing west) to the one placed on the right edge (oriented to the east). The *Hour Chamber* will become, for those staying there, a sort of intimate meditation area, but also a close-up observation of the cosmic environment. The rectilinear ramp of the *Star Tunnel*, as we said, emerges above the mesa with a truncated pyramidal construction of pink granite about 16 meters high: the inclination of its edges were determined on the basis of the horticultural amplitude. It is the so-called *Solar Pyramid* [fig. 10], an enormous sundial, whose cast shadows projected on the plateau will indicate the daily and seasonal movements of the Sun. When the shadows of the *Solar Pyramid* lengthen and narrow over the desert terrain according to seasonal rhythms, they define – through branches of hyperbolic curves - an area referred to as the *Shadow Field* [fig. 11]. This part of the work also shows the fascination exercised on Charles Ross by Mesoamerican architectural and archaeo-astronomical cultures.

In 1980 Ross was tormented for five nights by some premonitory dreams that warned him to add a cone-shaped chamber 'as a support' to the building, and that this would take many more years of work to complete: "In the summer of 2000, I began construction of the entrance to the *Star Tunnel* based on very accurate plans, measurements and models. It soon became apparent that the *Star Axis* needed much, much more: one more element, a chamber at the base of the *Star Tunnel*, where one could rest and reorient before ascending the tunnel. It was clear that this new chamber could not be designed or drawn in advance and that its geometry should have been discovered during construction. I made the existing space larger and worked with sample full-size plywood models to discover the best configuration. In this way I was able to determine how space and stellar alignments formed around the body." (Ross 2007 s.i.p.)

The result of this continuous work is the current *Equatorial Chamber*: it introduces a completely new dimension to the *Star Axis*, offering a unique way for the user to experience the intersection between the equator and the earth's axis. The opening to the sky frames the stars that cross the aforementioned equator, as well as the Earth's Axis and the North Celestial Pole. Arranged at the entrance to the *Star Tunnel*, as we said, it forms a right angle with the latter. Seen from the north, the *Star Axis* is perceived as a slender pyramid standing on the mesa, with a triangular chamber at the base; from the south however, it resembles a stone dam with a staircase in the center [figg. 12-13]. The eastern front is then covered by a mound of earth, a material memory of the great earthworks and the complex mechanical maneuvers needed to lift the slabs of pink polished granite, extracted in Texas, which cover it. A side door in the *Star Tunnel* opens at the edge on the east-facing horizon, where the Sun rises at the Equinoxes, so that those who make it to the top of the stairway do not have to walk down it again [fig. 14].

Charles Ross' estimated cost to build the *Star Axis* is $2,898,700. Of this, $2,349,770 was raised and spent on construction. Numerous individuals and foundations have secured funds and donations to complete this structure that aims to connect earth and sky. Part of the money comes from *N.M. Art Di-*

9.
Charles Ross, *Star axis*, 1975, New Mexico. *Equatorial Chamber*.
© 2017 by Land Light Foundation

10.
Charles Ross, *Star axis*, 1975, New Mexico. *Hour Chamber*.
© 2017 by Land Light Foundation

11.
Charles Ross, *Star axis*, 1975, New Mexico. Shadow Field.
© 2017 by Land Light Foundation

12.
Charles Ross, *Star Axis*, 1975, New Mexico. *From inside the Hour Chamber, you can see one hour of the Earth's rotation.*
© 2017 by Land Light Foundation

13.
Charles Ross, *Star Axis*, 1975, New Mexico. *From inside the Hour Chamber, you can see one hour of the Earth's rotation.*
© 2017 by Land Light Foundation

14.
Charles Ross and Agostino De Rosa in the artist's studio. NYC 2008. Photo by Gabriella Liva

15.
Charles Ross, Model of the *Star Axis*. NYC 2008. Photo by Agostino De Rosa

Image p. 32:
Charles Ross, *Star Axis from below looking north*, 2002. Photo by Charles Ross.
© 2017 by Land Light Foundation

vision Santa Fe Council for the Arts and the National Endowment for the Arts, managed, like the remaining donations, by the *College of Santa Fe*, a non-profit educational organization, where Charles Ross was an extraordinary professor in the Department of Arts. It is expected that the work will be inaugurated in the next two years, being opened to controlled visits of the world public.

Conclusions

The *Star Axis* [fig. 15] therefore frames the Sun and some celestial objects through architectural forms that allow you to appreciate their dynamics and kinematics, without necessarily having to know the complex mathematical and astronomical interactions that give shape to its structure. The digital reconstruction operation conducted by the I*mago rerum* aims to make even more evident the relationship between the Earth and the sky, offering various interpretative keys - of a scientific and figurative nature - of a space in which it is possible to perceive our harmonic union with the Universe. At the same time it also intends to underline the role that art can play in helping us to see and understand the terrestrial and cosmic world that surrounds us, as well as the place we occupy in it. It is true that this project is based on scientific and astronomical forecast calculations, but one of the reasons why it has been going on for so long is that with each advancement of the project, Charles Ross understands more and more that his calculations will necessarily have to be revised and questioned, by virtue of new acquisitions. The need to build wooden models on a 1:1 scale, which the author inserts *in situ* to test their functioning, shows how in any case it is always necessary to go through an empirical experience. In Ross's own words, "…mathematics and physics have become the means of analyzing light in order to discover its properties and shapes. This art, architecture, is a perceptive tool, a place to understand how the terrestrial environment extends into sidereal space" (Ross 2007 s.i.p.).

Notes

1. The atlas contains 303 A4-sized star maps, arranged in two cases, each showing square star fields approximately 12×12 degrees. This inexpensive but accurate celestial atlas - extending from the north celestial pole to declination −26° - was reprinted in 1963 and was widely distributed in central Europe. The reason that prompted Vehrenberg to write this work was the surprising fact that there was no affordable atlas of the northern sky, but only expensive and difficult to use works for professional astronomers. Until then, one had to make do with large-format star charts from Beyer-Graff or Kohl-Felsmann.
2. The working group coordinated by the present writer is made up of Imago Rerum's members.

The Solar observatories in Capri

Mauro Gargano

Key words
Astronomical Observatories
Swedish Solar Astronomy
German Solar Astronomy
Cultural Centers
Architecture

Introduction

If the *Cappellano Maggiore* of the Kingdom of Naples, Celestino Galiani (1681-1753), had introduced the chair of astronomy in university teaching in 1734, the institution of an astronomical observatory came many decades later, wishing for the most suitable and eminent places possible.
Between the 18th and 19th centuries, the various Neapolitan observatories were hosted in pleasant places of the city, from San Carlo alle Mortelle to Caponapoli, from Pizzofalcone to Capodimonte (Gargano 2017). Here the new Observatory of Naples was founded on Miradois hill in 1812. Due to the elegance of its architecture, designed in the neoclassical style by Stefano Gasse (1778-1840), and the richness of its instrumentation, the German scientist Franz Xaver von Zach (1754-1832) defined the building as "the Vesuvius of Astronomy" (Zach 1815). But already in 1791, the idea of the architect Pompeo Schiantarelli (1746-1805) and the astronomer Giuseppe Cassella (1755-1808) appeared elegant and superb. They conceived an imposing octagonal tower [fig. 1] for astronomical and meteorological observations in the north-eastern wing of Palazzo degli Studi, which King Ferdinand IV (1751-1825) decided to transform into the Royal Bourbon Museum, also hosting the royal observatory (Gargano 2012). However, the most suggestive proposal was that put forward by the Padua astronomer Giuseppe Toaldo (1719-1797). He arrived in Naples in 1788 to encourage the construction of "a Specola that is missing from our University" (Gazzetta 1788). Toaldo noted the difficult conditions in which Cassella was forced to work and the fragile quality of astronomical research that "appears as a faint dawn" (Toaldo 1788, c. 98). Lavish with advice to the Neapolitan academic body, Toaldo underlined the need for one of the largest European city to have an astronomical observatory and advanced the hypothesis to build it in an extraordinary place such as the island of Capri

was and still is today. He said that as "Tycho chose the Isle of Hven[1] in the Baltic Sea and the British moved six miles out of London to the Greenwich hills,[2] so the Neapolitans ought to take the Isle of Capri, on that extremity which was the famous retreat of Tiberius where the tottering towers would not be necessary to raise, the rocks would offer a clear horizon, and astronomers would not suffer distractions from the intrusive persons … A time will come when instruments and sciences will unfold in Naples, and if Bologna and Milan, as terrestrial nations, hold an Observatory much more Neaples, a maritime nation, must have it" (Toaldo 1788, c. 98).
The island of Capri, the heart of the Gulf of Naples, was the golden retreat of the emperor Tiberius (42 BC-37) to keep away from Roman conspiracies. At Villa Jovis, with its scenographic architecture, Tiberius surrounded himself with scholars and intellectuals. He also had a *specularium* built, a tower used as a lighthouse and observatory, on which the emperor, who believed in destiny, scrutinised the sky and drew omens for his life and political choices with the help of the Egyptian astrologer-astronomer, Tiberius Claudius Thrasyllo [fig. 2].
The proposal of Toaldo, which scientifically had an excellent basis, was not listened to, albeit full of historical significance, in a cultural context, such as the Neapolitan one, in which the recovery of antiquities and classical myths had a remarkable development. Only in the middle of the 20th century did the idea of the astronomer of Padua find an actual implementation on the initiative of Swedish and German astronomers who installed instruments for observing the Sun on the blue island.

The Swedish astrophysical station of Capri

"The reader may find it a bit strange that an island has been chosen to install a solar observatory, despite being the southern part of our peninsula full of sunshine and with a clear and transparent sky... Atmospheric turbulence is greatly reduced over the sea, and the island are useful for establishing solar observatories." (Righini 1955).
Yngve Öhman (1903-1988) was the founder of solar astronomy in Sweden. He began his studies at Uppsala University with Bertil Lindblad (1895-1965)[3] and then continued it at the Mount Wilson Observatory, focusing on the luminosity and distances of stars.[4] Back in Sweden in 1938, Öhman turned to the solar prominences study by constantly monitoring solar activity at the Stockholm Observatory in Saltsjöbaden (Öhman 1950). However, meteorological conditions did not allow him to obtain long series of observations, and his scientific goals seemed doomed to failure.[5] Öhman decided to look for an alternative site for his observations. This research had a lucky development when the Capri residence of Axel Munthe (1857-1950), villa san Michele [fig. 3], became a meeting place for Swedish scientists and artists: "I want my house to be open to sun and wind and the voice of the sea, like a Greek temple, and light, light, light everywhere" (Munthe 1930, p. 17). The Swedish psychiatrist visited the island in 1895 and, in love with the Capri natural and landscape beauties, wanted to buy the ruins of an ancient votive chapel. The remains of a Roman villa were found during the works, and the archaeological finds were then exhibited in the new house he was building. His villa became an essential destination for notable visitors, such as the Empress Elisabeth of Austria, Princess Victoria of Sweden, and writers like Henry James and Matilde Serao. When in 1949, he left Capri to return to Sweden, Axel Munthe donated his island properties to the Swedish state to establish a foundation and a culture centre; he also decided in his will that the villa should offer accommodation "to students, artists, researchers, journalists or other Swedish guests, who [shared his] feelings for Italy and classical culture" (Munthe 1957).
Thus Öhman, prompted by the Swedish Academy of Sciences, explored the Italian site in 1950 to install an astronomical station. The interest of the villa san Michele Foundation and the collaboration of the Centro caprese for the Öhman project allowed him to set up the observatory in a short time.
Ignazio Cerio (1840-1921) was a doctor from Abruzzo who shared the same passions as Axel Munthe. An eclectic man with a passion for history and natural sciences, Cerio lived in Capri from 1868, collecting plants, fossils and archaeological finds and promoting scientific studies. His son Giorgio married the American painter Mabel Norman (1875-1949), who founded the *Centro caprese di vita e di studi*[6] in 1947, together with his brother-in-law Edwin (Money 2012). The Center assumed a central role in the cultural life of Capri, also favouring Öhman's project to establish an astronomical observatory on the island.
In 1951 Öhman concluded the tests considering Monte Solaro, "brown in appearance and wild" (Gregorovius 1865, p. 244), the ideal place for an observatory [fig. 4]. Italian newspapers and newsreels reported the first Öhman's activities on the island, like *La settimana Incom*, which documented his observations of the solar eclipse of 25 February 1952 (L'eclisse del sole 1952).
With funds from the *Magnus Bergvalls* and *Knut och Alice Wallenbergs* foundations, which support education and research in Sweden, the Academy of Sciences rented casa Cetrella[7] from Edwin Cerio to install some instruments there, while the Centro caprese granted villa Orlandi to host laboratories and astronomers. This villa, owned by the Orlandi family since 1848, stands on the 17th century cisterns of

1.
View of the building of the new royal public museum, by Basilio Anito, pencil and watercolor on paper, 1791 (Società Napoletana di Storia Patria, 10.D.4).

2.
View of Villa Jovis with the specularium according to reconstruction by the architect Carl Weichardt (1846-1906) (Weichardt 1900) (Universitätsbibliothek Heidelberg, C 3661-8 Folio).

the Teresian convent in Anacapri. Reachable only via a Greco-Roman staircase: "the steep Jacob's ladder of five hundred and sixty steps" (Gregorovius 1865, p. 244), Anacapri remained extraneous to the circuit of travellers for a long time, although the tales of the medievalist Ferdinand Gregorovius (1821-1891) and the rediscovery of the Blue Grotto made, in 1826, by the painter and poet August Kopisch (1799-1853). Edwin Cerio restructured the villa into a small Arcadia, a venue for cultural activities and a meeting place for young artists such as Andy Warhol, Jannis Kounellis, Sol LeWitt and Mimmo Jodice (Tessitore 2000).

In 1953 the Swedish Academy bought a plot of land between *casa Cetrella* and the hermitage to build pavilions for instrumentation. The Swedish Astrophysical Station of Capri, with the two locations of villa Orlandi and Monte Solaro, was officially inaugurated on 25 June 1955 "in the presence of the Swedish Embassy attaché... the Italian astronomers conveyed their greetings and best wishes to the new observatory, happy that the sky of their homeland can offer great opportunities for study to their Swedish colleagues" (Righini 1955, *Kungl. Maj:ts*… 1973). Thus Öhman began to observe solar flares with a coronagraph applied to a small telescope with a 4 cm objective, continuing the undertaken study in Saltsjöbaden. The following year, he installed a polar heliostat in the garden of the villa for daily observations of solar flares and prominences (Öhman 1956). Thereafter, he added new instruments to study the sunspot's magnetic field and to measure the lines of hydrogen and helium (Lindgren 1957). In addition to the Swedes who alternated in the observations of the Sun [fig. 5], some Italian astronomers also attended the Capri Station, such as Teresa Fortini of the Rome Observatory and Arianna and Flavia Colacevich, daughters of Attilio, the director of the Capodimonte Observatory. Due to the large number of technicians and researchers who arrived, the spaces in villa Orlandi became insufficient, therefore the Academy decided to build a new station in Anacapri with funds made available by the foundation for the 70th birthday of king Gustav VI and by the S*tiftelsen Syskonen Wesséns*. The architect Gunnar Pleijel (1905-1963),[8] sensitive to using renewable energy sources rather than those derived from oil and nuclear power, designed a very modern building equipped with solar panels, producing up to 60% of the structure's heating. Besides the new observatory compound, the Sweden Academy bought a small three-room house used as a guesthouse with the money raised from properties sale on Monte Solaro to the Naval University Institute, now University of Naples Parthenope. The new Sweden observatory, located at Anacapri via Fraita, was opened officially on 18 June 1961 [fig. 6].

To extend the research in the stellar astronomy field, Swedish astronomers built a pavilion for a 60 cm Cassegrain telescope in 1971, with funds from the *Gunvor och Josef Anérs stiftelse* and Engkvist company, builder of the solar energy system.

In 1968 Öhman retired, returning to Capri three years later to discuss the station's future. The climatic and environmental changes in the Tyrrhenian Sea forced Swedish astronomers to search for a new site. Moreover, the establishment of the Joint Organization for Solar Observations (JOSO) in 1969 for the coordination of research in solar physics and the construction of a European solar observatory led to the subsequent dismantling of the Anacapri station. Astronomers of JOSO tested more than 40 sites from the Levantine island of Syros to the western Canary Islands. Then they chose the latter as the best place: Germans preferred the Teide volcano on the island of Tenerife at 2392 m, while the English, Danish and Swedish astronomers established their instruments at Los Roque de Los Muchachos on the island of La Palma at 2426 m (Godoli 1986). In 1978 Arne Wyller (1927-2001), director of the Anacapri station, began to transfer the instruments to the new station, and in 1985 the Swedish Vacuum Solar Telescope (SVST), an alt-azimuth telescope with an aperture of 47 .5 cm (Scharmer 1985).

The German solar observatory at Damecuta

At Freiburg in Germany, 1400 km away from Stockholm, the astronomers of the F*raunhofer Institut* were also looking for an alternative site to make observations of the Sun and study the influence of flares on the Earth's ionosphere.

The Institute was founded in 1943 at the Schauinsland observatory by Karl Otto Kiepenheuer (1910-1975), one of the leading authorities in solar physics who elaborated the first theory on the corona of the Sun. The 1944 bombings destroyed the institute, and Kiepenheuer moved to the US observatories of Yerkes, Mount Wilson and McDonald. Back to Freiburg, to deepen his research and expand the fields of scientific activity of the rebuilt *Institut*, he purchased new instruments, including a magnetograph, a radio telescope and a radio spectrograph for dynamic spectra. The requirement to find a more favourable meteorological site prompted Kiepenheuer to return[9] to Italy: "due to their excellent meteorological trends for astronomical research, the countries of the southern and eastern shores of the Mediterranean have an extraordinary opportunity to attract qualified astronomers from central Europe and thus raise the level of their research" (Kiepenheuer 1962).

Listening to the opinion of Italian astronomers and perhaps evaluating the first observations made by Öhman in Capri, Kiepenheuer decided to build a solar observatory on the island of Tiberius. Once

3.
Villa San Michele in a photo from around 1900 (Photographic archive of the Villa San Michele Foundation).

4.
Yngve Öhman with the coronagraph placed near the Hermitage of Santa Maria di Cetrella to test the site's conditions, 1951 (Yngve Öhman personal archive at the Center for the History of Science of the Royal Swedish Academy of Sciences).

5.
Solar prominences, about 520,000 km high, observed by Kerstin Fredga on 24 July 1960 from Anacapri (Bernhard 1989).

6.
Main building of the Swedish Astrophysical Station in via Fraita, 1961 (Yngve Öhman personal archive at the Center for the History of Science of the Royal Swedish Academy of Sciences).

again, the Centro caprese encouraged its establishment in Anacapri: "the days per year useful for observing are always higher than 300, compared to 150-190 in southern Germany... the observatory area is well known as an archaeological site which includes the summer residence of the emperor Tiberius, who greatly appreciated - albeit for different reasons - the unobstructed view and the good climate" (Kiepenheuer 1962). In 1954, the German astronomer decided to have the solar station erected 150 m above sea level in correspondence with the Blue Grotto and about 350 m from villa Damecuta, one of the twelve Capri residences of Tiberius who strolled in summer along a terrace built on the edge of a slope [fig. 7]. Laboratory, residential buildings and a tower for an equatorial telescope with an 11 cm aperture and 165 cm focal length were constructed. In July 1955, the *Osservatorio Damecuta* of the *Fraunhofer Institut* began observing activities. A Zeiss coelostat with two 30 cm mirrors was placed on the upper terrace of the building; moreover, the German station was equipped with a spectrograph by Steinheil with three prisms to record the spectra of solar flares and one by Bausch & Lomb with a grating for the study of weak magnetic fields. A few years later, a photoelectric magnetograph was also installed for measuring the magnetic field and the Doppler shift of some Fraunhofer spectral lines simultaneously (Deubner 1961).

Kiepenheuer reconstituted the international network of observation stations for monitoring solar phenomena. Data from Tokyo, Sydney, Kodaikanal, the Soviet Union, Iran, Turkey, Egypt, Greece, France, Norway and Mexico and the Kanzelhöhe, Potsdam, Schauinsland, Sacramento Peak and Climax observatories allowed Kiepenheuer to collect a comprehensive logbook of observed phenomena on the Sun. Since 1956 he published the Daily Maps of the Sun, reporting data on sunspots, flares, prominences and coronal brightness from about 250 sites. The Anacapri observatory was one of the most productive stations.

In early 1964 Kiepenheuer obtained funding for a Coudé-type telescope made by Zeiss, which was housed in July 1965 on an 11-metre tower "in the midst of olive trees, under the blue sky of southern Italy" [fig. 8] (Kiepenheuer 1966). Many German astronomers have taken part in the observing campaigns thus producing a lot of good quality data, among them Frank Deubner, who made the first observations in Capri to study the coherent oscillations of the solar atmosphere, opening up a new field of research: helioseismology. Furthermore, the *Osservatorio Damecuta* hosted several international meetings - the first was organised by Kiepenheuer in 1966 - attended by leading experts in solar physics. In addition, Kiepenheuer created a fruitful collaboration with Swedish astronomers of Capri and, after the arrival in 1969 at the Capodimonte Observatory of Mario Rigutti, a solar astronomer of recognized value, with a group of young Italian researchers, who had the opportunity to work in Damecuta.

The congress taken in 1966 was also the occasion for Kiepenheuer to launch himself into another great challenge, the establishment of an international body for the study of the Sun: the JOSO. "The idea proposed by K.O. Kiepenheuer took shape in the pleasant atmosphere of an evening in Capri: a European Solar Observatory equipped with high-quality and powerful instruments and a site carefully chosen to guarantee the best quality image" (Rösch 1979). Unlike their Swedish colleagues, the German astronomers chose the island of Tenerife to establish the new solar station where they installed the Vacuum Tower Telescope (VTT), a solar telescope with an aperture of 70 cm and a focal length of 460 cm. In 1988 the *Osservatorio Damecuta* ceased its activities, and the German astronomers left Capri for good.

The new scientific and architectural perspectives for astronomical buildings

With the complete transfer of scientific activities to the Canary Islands, what happened to the Capri sites? The *specularium* of Tiberius had collapsed a few years after the emperor's death. As far as the Swedish and German solar stations are concerned, the consulted archival documents, even if incomplete, are full of details and allow us to outline the history of observatories in the last years.

In the second half of the 1990s, the University of Naples Federico II signed an agreement with the Centro caprese to host congresses, specialisation courses and cultural and scientific initiatives at Villa Orlandi. The Swedish observatory in via Fraita was sold in 1982 by the Swedish Academy to the CNR at a symbolic price with the intent to use it for study and research initiatives. In 2009, however, the CNR, to make up for a hole in its budget, decided to sell it, arousing vibrant protests from the Swedish government and the Academy of Sciences underlined how the president of the institution, Ernesto Quagliariello (1924-2004), guaranteed the secretary general of the Accademia, Karl Gustaf Bernhard (1910-2001), that CNR would have strengthened the structure and never sold it (Rizzo 2009). A *gentlemen's agreement* vanished with the disappearance of the two protagonists. Public auctions, however, have gone deserted, and currently, the site is the CNR congress venue: *Culture Research Training Dissemination Observatory - Anacapri*.

The *Osservatorio Damecuta*, on the other hand, attracted the interest of the Accademia Sinica, above all for the instrumentation, which "cannot be transferred to the Canary Islands because of the latitude

7.
Postcard with the ruins of the luxurious residential villa of Tiberius and the loggia, over 80 meters long, with an ambulatory with arches and pillars, which runs from east to west along the edge of the slope (Maiuri 1956).

8.
The domeless tower, to avoid seeing problems due to hot air currents, with the Coudé-type refractor telescope built by the Carl Zeiss company in Oberkochen. The primary objective is a three-lens Zeiss apochromatic with an aperture of 35cm and a focal length of 445cm (Photographic archive of the Astronomical Observatory of Capodimonte).

of the site" (Rigutti 1986), so much so that the German Institute had negotiated the conditions for assignment. However, an agreement was not reached, mainly due to the high cost of transporting the instruments to a Taiwan site. Simultaneously with these negotiations, the Observatory of Naples proposed the shared management of the Italian site to the Institute of Freiburg to prosecute the scientific activities. Rigutti defined a draft of the agreement making available the electronics, optics, mechanical and photographic laboratories of Capodimonte Observatory, the computing centre and the Perkins & Elmer microdensitometer for data reduction. Furthermore, he would have transported to Damecuta a 20 cm solar telescope, a 30 cm advanced technology refractor, the 50 cm Askania telescope, the spectrograph by Jarell & Ash and the one used in the expedition to Mauritania for the 1976 solar eclipse (Rigutti 1986). The German astronomers appreciated this project, and Rigutti informed the Ministry of it enthusiastically, emphasising both the excellence of the instrumentation: "the most powerful instrument for solar studies in continental Europe", and "the structural enhancement of great scientific value for southern astronomy" (Rigutti 1986). Carlo Ciliberto (1923-2004), rector of the University of Naples, also showed interest in the site, thinking of setting up an interdepartmental centre for studies on marine water pollution and geological, seismological and volcanic monitoring in the area between Vesuvius and the Campi Flegrei (Ciliberto 1987). The rector's initiative appeared to Rigutti as a useful backing for the project to be successful. However, after a long series of technical statements, the Ministry of University and Scientific and Technological Research decided not to proceed with formal steps towards the German authorities.

In June 1992, the Land of Baden Württemberg, owner of the Damecuta complex, approved the site's sale for DM 3,5 million to the University of Naples for scientific purposes (Landtag 1992). Then in 2005, the Land decided to renovate the property and then sell it, any hotel use excluded. In 2009 a South Tyrolean company acquired the property and entrusted the redevelopment of the observatory to the architect Massimiliano Fuksas. The project wanted to recover the old observational structures, characterising each building with symbolic names, such as the professor's house, the scientists' house, the dream tower and the constellation mirrors [fig. 9] (Fuksas 2011). Finally, in 2020, a degree thesis in architectural composition by Giovanna Lella entitled "Peppino di Capri House and Music Park" proposed a new recovery of the German station [fig. 10]. In order to give new life to the site, the thesis proposes a non-invasive conservative intervention to save the most architecturally interesting buildings, fitting into the style of Mediterranean rationalism, which is typical of the Capri island, which had inspired Joseph Hoffman, Le Corbusier and Giò Ponti (Raffone 2020).

Determined to establish an astronomical station in Capri, Mario Rigutti explored the possibility of developing a collaboration with the Naval Institute, now Parthenope University, which since 1960 had owned the Swedish solar observatory on Monte Solaro transformed into a geomagnetic station. So in 1988, the Naval Institute, the Capodimonte Observatory and then the Vesuvius Observatory agreed to set up a consortium "to renew the Monte Cetrella station on the island of Capri with new and modern scientific and technological research themes" (Consortium Proposal 1988). Interested in developing studies in stellar and extragalactic astrophysics, the Astronomical Observatory drew up a plan of activities and instruments to move to Capri. The 50 cm Nasmyth telescope by Askania, located at the Teramo Observatory, and a new 1 m Cassegrain reflector were the instruments for spectroscopic and photometric measurements. Rigutti also drafted a detailed plan of the scientific works. Alongside the dome for the Cassegrain telescope, the sliding shed for the Askania one, and the electronics laboratories and the mechanical workshop, the project envisaged the construction of a computing centre to acquire and reduce data, not only astronomical [fig. 11] (Gargano 2014). Similarly, the University Institute, in addition to geomagnetic measurements, proposed the establishment of a meteorological and anemometric station (Sposito 1988), and the Vesuvius Observatory wanted to extend the site network for measuring the dynamics of magmatic masses and crustal phenomena (Collaboration… 1988).

It seemed done. Still, in 1991 the three institutes were working to arrange the spaces of the multidisciplinary observatory. Then, the new research needs of each institute caused the decline of the project and the consortium. Only the measurements and studies of the meteorological and geomagnetic station of the Parthenope University remain of the interdisciplinary scientific plan in "that Capri that was and will no longer be a paradise for bizarre and ingenious foreigners, cosmopolitan Italians, artists, writers, scientists and crazy" (Monelli 1951). Finally, in 1995, the station on Mount Solaro of the Parthenope University, emptied of scientific equipment, was given on loan to the Amici di Cetrella, an association dealing with the preservation and valorisation of the island "of its small squares, its scented bushes, its brooms, its narrow streets, [of] its beautiful, serene and quiet hermitage" (Il carniere 1970). The Swedish observatory on Monte Solaro has been redeveloped, recovering the facades and allocating its spaces to welcome visitors who do not fail to appreciate: "God, if he exists, lives in these parts" (Fiore 2008).

9.
Rendering by Massimiliano and Doriana Fuksas for the renovation of the Astronomical Complex at Damecuta in Anacapri (Fuksas 2011).

10.
Rendering of the project discussed in 2020 by G. Lella for the master's degree thesis. In the foreground, the concert hall "Maestro Peppino Di Capri" (Raffone 2020).

11.
Arrangement project for the Observatory at Monte Cetrella.

Image p. 44:
Sunset over Damecuta (credits Kurt Baumgartner).

Notes

1. Frederick II of Denmark offered Tycho Brahe (1546-1601) the island of Hven to establish an astronomical observatory. In 1581 Uraniborg was completed and in 1587 Stjernborg. Brahe worked on it for about 20 years with a hundred assistants using quadrants, armillas and sextants of extraordinary precision. In 1588 he published a catalogue of 777 stars in the volume: *Astronomiae Instauratae Progymnasmata* (Swerdlow 1997, pp. 289-301).
2. The Greenwich Observatory was established by Charles II in June 1675, and John Flamsteed (1646-1719) became its first director. He had the task of verifying "the positions of the fixed stars so that he could discover the precise longitude of the places to improve the science of navigation". This observatory followed the foundation of the Observatoire de Paris by Louis XIV on 21 June 1667, directed by Giandomenico Cassini (1625-1712), and placed to extend the maritime power of France. In Greenwich, in about 44 years, Flamsteed made over 48,000 observations of stars from which the *Atlas coelestis* (1725) was realised, the first atlas of 2935 stars measured with a telescope (Gargano 2022).
3. The astronomer Livio Gratton (1910-1991) was his guest in 1933 and wrote: "He was a handsome man in his fifties, famous for the galactic rotation discovery, sharing the glory with Oort... [Moreover] he developed a really interesting method to determine the absolute or intrinsic brightness of stars... Today these methods are outdated, but at that time they were the only ones that allowed astronomers to obtain spectroscopic images of very faint stars, with a medium-sized telescope" (Gratton 2012).
4. He measured the magnitude variation of *Nova Cygni 1920* with a small Zeiss telescope. His measurements were so useful that the astronomer Knut Lundmark (1889-1958) published them (see: Lundmark 1920).
5. Again Gratton describes the meteorological conditions in Sweden: "I remember the nights spent at the Observatory, in the vain hope that the sky would open up... From time to time, I would go out onto the terrace of the Observatory to look at the stubbornly black sky... and every night... discouraged and disappointed I would go home, wondering why they ever built an Observatory in a place like that" (Gratton 2012).
6. Subsequently renamed *Centro caprense Ignazio Cerio*.
7. Perched on a cliff facing south at 480 m on the slope of Monte Solaro near the hermitage of santa Maria di Cetrella, the villa was built by the Scottish writer Edward Compton MacKenzie (1883-1972), who lived on the island from 1913 to 1924 together with his wife Faith Stone (1878-1960). The cottage, four rooms with two pine trees next to it, was sold to Edwin Cerio (Money 2012).
8. Professor of architecture at the Royal Institute of Technology in Stockholm, he was awarded the 1955 Polhem Prize for "the computation of natural radiation in architecture and town planning", a study of how the heat and light of the Sun can be used in the design and construction of buildings and cities to improve climate, well-being and energy consumption (see: https://www.polhemspriset.se).
9. From 1939 Kiepenheuer coordinated German scientific activities for the study of the ionosphere. To monitor solar activities, he set up a network between the German observatories of Wendelstein, Zugspitze and Schauinsland, the Austrian one of Kanzelhöhe and a station in Syracuse equipped by Kiepenheuer with a telescope and a spectroheliograph. The station was evacuated in 1943 with the Allied landing in Sicily (Kiepenheuer 1956).

Architecture as a pretext to represent time

Valerio De Caro

Key words
Time
Space
Light
Water
Matter

Introduction

Time as a physical and immaterial component constitutes a fundamental interpretative structure of our present, to which numerous values and meanings are attributed. It can be identified as the succession of individual events that follow on from one another, according to totally unrelated relationships or through correlations of cause and effect. In a chronological translation, it is configured as a factor that drives the evolution of things. In philosophy and science, the concept of time has been approached in multiple ways: the succession of instants, the transition between before and after, the variety of existential states, the assumption of research into the archetypal and primitive dimension. In modern physics, Einstein's theory of relativity introduced the fourth dimension as an integral part of the four-dimensional space-time in which all events in the universe take place. This temporal perspective gives rise to a number of considerations and debates on the variety of conceptions of time, ranging from the linear visions evoked by the industrial revolution to the atemporal phenomena of quantum physics, where relations between events take centre stage. (Lauria, Pollo 2020, p. 16). In the contemporary era, the idea of time remains a field of investigation related to all earthly phenomena, as a structure regulating transformations, an interacting product of natural cycle and anthropic temporal structures established in the collective consciousness. In Bauman's liquid theories, time is annihilated, freeing events and social actions to mutability and instability

(Bauman 2000, p. 18), up to an acquired awareness, referable to the magnitude of human actions with respect to the progress of nature, marked by the swirling acceleration of the Anthropocene (Mc Neill, Engelke 2018, p. 6). In this progressive perception of temporal compression, man's creative manifestations, in the constant struggle between abstraction and reconnection with reality, address the issue of time by producing possible interpretations and representations. The construction of space, in this sense, becomes a fundamental tool for the depiction of time, containing within itself all the elements capable of defining it. From the time of the project, as a prefigurative act projected into the future, to the time of the journey, as a narrative event capable of generating memory and sedimentation. And in this progressive compression of events, architecture interprets this tendency, marking this relationship even more, establishing innovative horizons of meaning in living. If, on the one hand, recent time, as we have seen, is compressed to such an extent that man loses control of his actions, architecture as a static presence in the territory, leads back to a tangible and phenomenal temporality that reconnects with reality. From this premise derives its recognition as a significant contribution to knowing and re-appropriating time in its multiple and intelligible conformations. An essential quality that derives from the relationship between permanence of matter and mutations of form and image; between characterising spatial phenomena and interpretative mutations of built environments.

The fourth dimension introduced by Cubism, as the intelligible structure of time, constitutes an initial decisive theoretical element translated into the varied contemporary temporal constructions. The spatiotemporal decoding of painting, reduced the distance between the art world and architecture, generated in the multiple representation of lived mnemonic realities, translated into drawing and colour. The temporal acceleration generated by industrial production processes translated into summations of actions expressed along a two-dimensional surface, a palimpsest of crystallised movements (Beardsley 1991, p. 78). In architecture, as highlighted by Bruno Zevi, the different interpretative faculties of time, necessary to intellectually possess a work, emerge. If in painting the relationship with time is a representative fact linked to a Cartesian space and in sculpture it is exhausted in the relationship between form and body, in architecture it is elevated to a more intense phenomenon, linked to living and the infinite possible interactions that can be generated between man and built material. Architecture, in this sense, must be experienced, perceived and lived in order to be understood and cannot be merely observed.

Study cases

Already the Mycenaean tholos tomb of Atreus [fig. 1] projected the visitor towards a specific temporal dimension, through the marked and increasing wall progression of the projecting supports towards the entrance, culminating in the eloquent light-darkness transition, which outlines the transition between open and covered space. The section clarifies the path of a slow architectural conquest in a rectilinear and unambiguous promenade culminating in the interior. Light marks the transition between the exterior and the darkness of the interior, in an instantaneous transition that powerfully depicts the dual static coexistence of the luminous exterior space and the darkness surmounted by the roof [fig. 2]. The luminous sign, an explicit yet secret presence of the architecture, marks the processional path of the Greek temple, emphasising the plastic rhythm of the relationship between columns, wall and entablature. The fluted column [fig. 3], a stone transposition of the original wooden conformation, is outlined with subtle slits of shadow, giving the material a physical corporeity. The serial reproduction is projected onto the seat closest to the architectural object, tracing the time of a cyclic movement linked to the changing position of the sun. On the basis of this classical consciousness, Le Corbusier, who describes architecture as the skilful, correct and magnificent play of volumes grouped together under light (Le Corbusier 1923, p. 188), identified the paradigms of a modernity qualifying space to be translated into serial elements, to then arrive at a new expressive temporal vitality in the works produced after World War II. The notes describing the Shadow Tower, a project designed for the city of Chandigarh, confirm this orientation. They tell of an architectural object capable of generating symphonic structures in contact with light, spatial melodies marked by time flowing into a precise and articulated pattern of brise-soleils. The numerous drawings found in his studio [fig. 4], describe a design that arose from the rigorous representation of the sun's movements in all seasons (Boesiger 1969, p. 74). Research arising from the rigorous analysis of the light-shadow relationship as a revealing element of time, aware of the dichotomous coexistence between the calculable governability of the project and the unpredictable mutability of the environment (Cossu 2015, pp. 120-137). Francesco Venezia, in his analysis of the work, reveals its dramatic dimension. The changing light and shadows of the constructed geometries oscillate between the idea of a theoretically predictable effect and the appearance of a phenomenon linked to the unpredictable occurrence of other circumstances, such as the battle of the sun with the clouds. The imagined dialogue between Le Corbusier and Paul Valéry makes it possible to relocate the abstract dimension of drawing to reality, recognising the construction's belonging to the domain of environmental elements. (Pireddu 2016, pp. 32-41). Francesco Venezia's projects draw

1. Treasure of Atreus, outside (Ken Russell Salvador, CC BY 2.0).

2. Treasure of Atreus, inside (Andy Hay, CC BY 2.0).

3. Doric columns, Temple of Concordia (photo by the author).

from these temporal contradictions the foundations of the architectural project, in Mediterranean spatial research that makes of light a monochromatic interpretation, a compositional structure that finds its semantic root in the relationship between chiaroscuro rhythms and matter. In the Palazzo di Lorenzo in Gibellina [fig. 5], the project is overloaded with the unrepresentable temporality of the seismic event and the relationship with a painful and unspeakable history, the lost sign of the ancient city. Time is drawn here as a spoliation of the fragment, dilated between indecipherable parts of a lost unity and the project as a territory of infinite formal opportunities. Precious remains of an aristocratic palace incorporated within layers of new masonry masses suggest a condition of rebirth of vanished architecture, a renewed time oscillating between the fossil and the living (Venezia 1998, p. 66). The accumulations of textures guide the gaze between surfaces and describe the slow progression of its installation. The material comes into contact with the light event as early as morning, penetrating the inner space of the elongated courtyard. The sharp light of the Mediterranean sky breaks against the ancient eroded façade, revealing its natural belonging. Temporality is drawn through precise and clear actions, which compose the project's narrative. Venezia defines it as a familiar, square spiral circulation system, marked by a ramp that runs along the building through numerous passages between the exterior and interior. This then meets a long shadow gallery, a garden, a rest area and the inner courtyard, marked by the staircase, a morphological evocation of an urban tract. A sign of a time irretrievably distant, preceding the seismic event, but tragically close. Notches, thresholds, signs, joints and any construction element becomes a pretext for working with light, projecting clear geometries in the vertical planes of the building, accelerating or dilating the promenade of those who walk through these spaces. The concrete plinth moulded by a projecting element places the entire wall mass in suspension in open contradiction between weight and lightness. On these misalignments and geometric non-correspondences, Venezia draws the project's temporality made up of matter, light, shadow and circulation. The design of the Salaparuta Squares and Gardens is also based on the concept of percorrenza, characterised by a planimetric juxtaposition put in continuous tension by the progressive rotation of the axes. This approach defines a progressive perspective mutation that permeates the architectural space with an uncertain temporality. The building is drawn as an extended body marked by an eroded skin composition, fragments of spoliation superimposed in contemporary stone compositions grafted into the project, generating a temporal short-circuit between rubble and new construction (Ibidem, p. 83). In the Secret Gardens of Gibellina, temporality acquires a domestic connotation, the space is the product of an uncovered house generating plays of light and matter traced by the absence of the roof. On the same square spiral experimented in the Palazzo di Lorenzo, the planimetric layout develops, tracing a temporal progression towards the interior that reveals a conquest. A precious presence, a cylindrical fountain [fig. 6], parsimoniously distributes water, suggesting the image of an evident aridity (Ibidem, p. 87). This project, traces the temporal dimension of architecture as an exploratory territory of the project that can be traced back to unlimited destinations in contact with water, light, matter and colour.

Water, the living architectural body for Carlo Scarpa, draws transient expressions through diaphanous reflections in the Palazzo Querini Stampalia [fig. 7] and in numerous other projects. An exemplary example is the dialogue between Scarpa and Giuseppe Mazzariol regarding the role of water as a fundamental architectural material for designing time: "One morning in '61 at the Querini, when I asked him that the high water remain outside the atrium of the Palazzo, home of the Library, he looked me fixedly in the eyes after a pause to wait for my pressing request: inside, inside the high water; inside, as in the whole city. Only it is a question of containing it, of governing it, of using it as a luminous and reflective material: You will see the play of light on the yellow and purple stucco of the ceilings, a marvel! The laughing eyes and a great but also demure happiness to communicate a gift to you: the solution to the problem, and in addition beauty, playfulness, the enchantment of the unexpected." (Mazzariol 1992, p. 124). Light, transported by the intrusive Venetian canals into the building, is used as a luminous medium to design the temporal flow of a secret garden such as Palazzo Querini [fig. 8]. The hybridisation of light and water, in the Sculpture Garden [fig. 9], merges with a symphonic score exploring a temporal dimension linked to phonetics. The water, tapping on metal saucers, traces temporal symphonies, through a sound that stops the journey through the Italian Pavilion at the Giardini della Biennale (Mulazzani 2014; p. 16). When water is only evoked, as in the flooring of the Negozio Olivetti, it comes into contact with a crystallised light in contact with matter. A heap of beams of light permeates the loggia, goes beyond the entrance stele marked by the Negozio Olivetti logo [fig. 10] and spreads throughout the interior space, evoking an immutable temporality evocative of Japanese culture. The crystallised light acquires a plastic dimension in the Possagno Temple where it is modelled as a solid physical matter, the angular windows become luminous blocks laden with weight marking the interior space and tracing an essential temporal pause in the exhibition itinerary, only to start off again in a slow descent down the succession of steps along the path. The static nature

4.
Le Corbusier, sunshine study (Boesiger, W. (1969). *Oeuvre complète*, Vol. 8, 1965-1969. Zurigo: Les Editions d'Architecture, p. 74).

5.
Francesco Venezia, Di Lorenzo Palace (photo by the author). 2.0).

6.
Francesco Venezia, Secret Garden 1 (photo by the author).

7.
Carlo Scarpa, Querini Stampalia Palace, inside (photo by the author).

8.
Carlo Scarpa, Querini Stampalia Palace, garden (photo by the author).

9.Carlo Scarpa, Sculpture Garden (photo by the author).

10.
Carlo Scarpa, Olivetti Shop, inside (photo by the author).

of the boxes of light leads back to the archaic dimension of invariant light-shadow relationships, yet the peculiar interpretation of the Venetian luminous density, generated by the architect's designed forms, defines an antiplastic, floating colour relationship between solid and aeriform state, drawing a temporal contradiction between solid immobility and fluid movement (Bertelli 1984; p. 191). Oriented towards a two-dimensional representation of time is the research carried out by Luis Barragan, who makes the plane and its chromatic interpretations a pretext for temporally marking his architecture. The wall surface, as open flow and evocation of another reality figurative of advancing, is generated through a series of surface sequences characterised by water, light and colour (Bossi 1996, pp. 113-120). The Casa Studio [fig. 11], originally designed for Mrs. Luz Escandòn, consists of a juxtaposition of planes constituting the components of a functional and temporal succession of the house space. Light and water contribute to the experience, the former as divine evocation, the latter as symbolic presence of maternal fertility. Associated with this immanent representation, revealing a static condition of time, is a fluid transition of spaces that draws a time of architecture as a product of superficial transitions juxtaposed and thinned by light. The contact between the dining room and the garden highlights this condition achieved through a relationship of continuity between the exterior and the interior. An ethereal and thinned out dimension generated by the filtered penetration of light into the interior that draws articulated spatial conformations coming into contact with the complex geometries of stairs and walls. In the Gilardi house we find the same design intentions translated into an even clearer and more unambiguous design. Water, light, colour and planes are joined by nature, represented by the Jacaranda mimosifolia, helping to trace time as a dimension that can be perceived and interpreted by man. Here too, the house is drawn in succession, in a slow, cadenced rhythm until reaching the most important space, the swimming pool, a crystal surface conquered after a long corridor [fig. 12]. A processional path rhythmised by vertical openings and immersed in light and colour, an architectural and temporal representation of baptism (Riggen Martinez 2004, pp. 123-155).

The representation of time takes on a synthetic connotation in Alvaro Siza's plastic compositions. Stripped of any material over-interpretation, Siza's work investigates surface and volumetric space through plastic actions and spatial concatenations. The Portuguese architect's planimetric compositions proliferate contradictions between defined geometries and grafted tension systems, tracing temporal developments that host uncertainties and variations. The transitions of light, as in a sculptural complex of emerging masses and sinuous recesses, project the space into an indivisible symbiosis with time. The Capela do Monte in Barão de São João, Portugal is composed of a hollowed-out sculptural block containing carvings of light that rip through the interior. The unchangeable architectural material, highlights to the end what has emerged in the works described here, if the material is a static presence fixed by the project, light acts as an activating instrument constructing physical temporalities that can be interpreted, inhabiting and traversing the architecture. In the Saya Park Art Pavilion designed with Carlos Castanheira (Siza 2022, p. 98), the relationship between light and shadow is intertwined with other temporalities related to matter and the dynamic experience of travelling. The programme consists of a chapel, a tower-observatory and an exhibition pavilion, elements grafted to the ground, declaring complete belonging. The bifurcated volume sits within a wooded natural setting, and is accessed via a natural reservoir in continuity with the park's paths. From here the two tunnels propagate towards the infinite space of the sky, through spatial compressions and dilations, passages of light, ascents and descents generated multiple spatial events (Fabrizzi 2022, pp. 54-59). The temporality of this project is not merely composed as a summation of sequences, but hybridises with the organic geometry of the architectural masses, marking a fluid time in the conquest of space. The luminous events, shattered on the rough material of the beton-brut, mark time as tragic poetic contingencies in the sculptural substance, irrevocably stopping this open flow towards the building's roof.

Conclusioni

The case studies addressed, testify how time representation constitutes a still explorable and essential dimension of architecture. Water, matter, light and geometry reveal how specific spatial interpretations are produced in a plastic phenomenon generated by the interaction between these components. Architecture, starting from its physical and perceptive dimension, designs human time in a constant debate with nature and our perceptive structure. This relationship, the product of physical and territorial modifications, draws new semantic constructions of daily living, in all the times it contains, from the presumable ones deriving from the prefigured conformative intentions, to the unpredictable outcomes, when the project translates into construction. The latter is composed of elements endowed, each of them, with its own specific temporality, interacting with the others, always aimed at the same end, the creation of ever new and different spatial narratives.

11.
Luis Barragan, Studio Home (Forgemind ArchiMedia from Taichung, Taiwan, Taiwan, CC BY 2.0).

12.
Luis Barragan, Francisco Gilardi house (Steve Silverman, CC BY 2.0).

Image p. 56:
Carlo Scarpa, Olivetti Shop (photo by the author).

Time and space between ideal and real. Some exemples from the catacombs of Rome

Domenico Benoci

Key words
Late-Antique Society
Christian Archaeology
Christian Archaeology
Christian Iconography

Introduction

Time is a fascinating subject, mainly because of its characteristic polymorphism[1]. This multiformity becomes even more interesting if we consider it in a chronological range far removed from our own but which, without descending into anachronisms, has with 'our times' many points in common: Late Antiquity[2]. In this epoch, the multi-ethnic and multi-religious ecumene is affected by numerous political, economic, and social upheavals, so much so that the literature speaks of a veritable 'Age of Anguish' that shakes the very foundations of the established order but also of an age of marked spiritual sensitivity (cf. Weitzmann 1980; La Rocca 2015). Among the many novelties manifesting themselves in the society of the period, the Christian phenomenon is the one that most decisively and with the longest duration influences the historical becoming, so much so that it comes to propose a new conception of Time, compared to the one conventionally accepted at the time, not only in the sphere of daily living but also concerning the otherworldly dimension. The funerary sphere is one of the contexts in which this change is particularly perceptible. Here the 'discourse on time' uses real images, signs, and symbols to speak of the ideal.

The Time of the Living and the Non-Time of the Dead

A temporal conception based on a measurable succession of circular repetitions of natural and artificial events imbued Late antique Roman society[3]. Anything impossible to measure was somehow unrelated to time or the expected consideration of time. For this reason, eschatological questions and the otherworldly dimension were unfathomable and ponderings on them as the prerogative only of that social, aristocratic and often pro-Hellenic class that could approach philosophy, through the exercise of *otium*[4]. In this context, funerary monuments, in their architectural, decorative, iconographic, and epigraphic connotations, expressed a message mostly related to retrospection, emphasizing the merits of the deceased, orienting toward the cyclical acts that the living celebrated for the departed in remembrance of their time spent in this world; so, they possessed the same function as civil funerary monuments[5].

The individual exaltation of the deceased was undoubtedly entrusted to the epigraphic apparatus, which perpetuated their ancestry through the mention of *tria nomina*, in the case of the aristocracies[6]; celebrated their census and mundane qualities, both in the engagements of public life, with the mention of professions or civil offices, if any, and in private, emphasizing personal and intimate attributes.

Other expressions from the written texts show a marked realism toward death. Suffice it to cite, as one example among all, the well-known inscription that reads: *Nihil sumus et fuimus mortales / Respice, lector, in nihil ab nihilo/ quam cito recidimus*; or even the stereotypical formula *sit tibi terra levis*, which recalls the irreversibility of the condition of the deceased[8].

The image of the deceased himself was the most common element of the iconographic apparatus, thanks to physiognomic portraits, reliefs, complete reliefs, head portraits, and busts[9]. The examples of this practice are innumerable and ultimately allow us to emphasize that the whole funerary monument represented a man's identity card and not the perspective of what the deceased or his loved ones could hope for in the afterlife[10].

The only representations that speak of a time of the living related to the deceased were the scenes of feasting and refreshment[11]. These shift the focus to a space suspended between the real and the ideal, an undefined bucolic habitat that speaks an earthly language while at the same time referring to an otherworldly non-space, in addition to having a consolatory nature for the living[12].

Time beyond time

It is on this wake that, in Late Antiquity, burial practices, iconographic languages, and epigraphic formularies begin to appear in the funerary sphere that speaks no longer of a cyclical nature of time, but of a linearity that provides for a 'time beyond time,' even for the deceased. Christianity, with its eschatological vision and cross-social dimension, as opposed to the sectarianism of other Eastern religions, soon finds itself developing a funerary language that draws on the classical substratum while reworking and enhancing its meaning in light of Christ's soteriological message. The suburban cemeteries of Rome's suburbs and particularly the Christian catacombs, provide an exceptional sampling of examples

in terms of the quality and quantity of the attestations, so much so that the subject can be analyzed from an architectural, iconographic, and epigraphic point of view[13].

Such tombs were meant to be the extreme dwellings of those who aspired to salvation, and it is no coincidence that in addition to galleries and loculi, the space that served as a container for the 'time of the dead' included quadrangular funerary chambers - certainly the preserve of wealthier social classes, or groups whose economic availability was more substantial, on the model of the *collegia funeraticia* (Borda 1948, coll. 1950-1952) - which were emphatically called *cubicula*, chambers for rest, like those of the dwellings of the living.

Epigraphic finds testify to this new conception, in which an afterlife time is envisaged as a continuation of the time of the living, only in a period of maturation of the Christian community, both numerically and in terms of eschatological reflection, which comes to coincide with the Constantinian turn[14]. Here, then, are the wishes for a life beyond death materialized in the expressions some significant references: *vivas in Deo* [Fig. 1], *vivas in Christo*, *vivas in pace*[15], *requiescat in pace*, *dormit in pace* etc[16]. Using verbs such as pausare, requiescere, or nouns such as dormitione, somno, indicates a transitory state that provides for an awakening in which the deceased vivet, will live again. The absolute certainty in this time beyond time is reinforced by the numerous indicatives conjugated in the present tense with which the dedicators refer to the state of their departed loved ones. This is the steadfastness that moves *Tigrinus*, whose inscription is preserved in a cemetery on the via Latina[17]; or again the wish addressed to *Faustina* [Fig. 2] that "having believed in God and Christ she may hope to live among the angels"[18]. Again, from the Panfilo cemetery on the via Salaria vetus is indicative of the dedication to the young Aproniana of whom it is said, "*credidisti in Deo, vives in Christo*"[19].

This profound turn of thought reverberates across the epitaphs of all social classes and, of course, has striking examples among the attestations intended for the ecclesiastical hierarchies. Damasus, pope between 366 and 384, in the wording of his funeral inscription, with three precise scriptural references[20], states, "He who walking trod the bitter billows of the sea; he who restores life to the seeds of the earth destined for death; he who had the power to loosen the deadly bonds of death and, after three days, restore alive his brother to his sister Martha, from the ashes-I believe-will raise Damasus"[21].

This erudite, deeply rooted belief also shines through in epigraphic evidence from secular elites. In an inscription engraved on a pavement tomb slab, discovered in the prestigious cubiculum cd. 'of Cecilia', in the catacomb of Callisto, Σεπτίμιος Φρόντων Πρα[ιτεξτ]ᾶτο[ς] Λικ[ινιανὸς][22], most likely belonging to the senatorial class[23], is recorded as ὁ δοῦλος τοῦ [θεοῦ], servant of God. He directly states, οὐ μετενόησα κ(αὶ) ἄνω δέ σοι ὑπερ⌜ε⌝τ[ή]σω, that is, "I will not change my mind, and I will serve you even on high." This profession of faith shows the firm belief that one can perpetuate one's service beyond earthly time [Fig. 3].

A typically Christian element is the remembrance of the day of death, commonly called *dies mortis* or *dies depositionis*[24]. For Christians, it transforms into the dies natalis, the day of 'rebirth to heaven', the starting point of a new time to commemorate[25].

That the departed, especially the martyred saints, were considered 'alive' is also evidenced by the copious prayers addressed directly by the many pilgrims visiting their tombs. In these fascinating epigraphic documents, which are extemporaneous and frenetic, the *viatores* ad *martyres* express all their firm conviction that the saint, as a mediator with divinity, will grant them fulfillment, to the point of going so far as to address him with a peremptory command. Here, for example, in the graffiti on di painting of the so-called 'Triclia' at the catacomb of St. Sebastian on the Appia Antica [Fig. 4], we read: *[Petr]e Paule / [omnes n?]os in mente [---]*[26]; *[in mente habe] te in / [orationibus v]estr[is ---]*[27]; *Petre et Paule / in ment<e> abete / [Ur]sinum in r/[ef]rigerium*[28]. Just as Sixtus II, martyred in Valerian's persecution in 258, is repeatedly invoked in the prayers of pilgrims visiting his tomb in the crypt of the popes in Callistus. On the entrance wall to the *cubiculum duplex*, it reads: *Sa[ncte Xyste in mente---]/ <h>ab[e--] Ba[--]*[29]; *Suste sân[cte? ad]iuta e<t> libera*[30]; *sante Suste in mente habeas in horationes Aureliu Repentinu*[31]; and in Greek: [Ξύσ]τε εἰς μνί[αν ἔχεται ---], O Sixtus, remember [...][32].

Such graffiti are part of a scriptural typology that moves far away from the public, or at least accessible, type of epigraphy; instead, they encroach into a private, almost intimate realm, a privileged relationship that comes between the pilgrim and his or her patron, as it might be with a still-living individual[33].

The new Christian conception changes not only aspects related to the conception of an eschatological time, but also those related to daily living and the scanning of historical time[34]. Indeed, the computation of time in Christian inscriptions, with the indication of days, months, and years, changes already from the earliest formularies. Mention of the month alternates between the noun and attribute forms, using the progressive computation of days instead of the nundinal computation: *die duodecimus decembris*[35]. As for the reference to the days of the week, the change of their appellation occurs only in a later age, attested in epigraphy from the late fourth cen-

1. Burial slab of Eupraxia. Area I. Catacomb of Callisto. Rome (Picture by the author).

2. Burial slab of Φαυστινα. Area I. Catacomb of Callisto. Rome (from de Rossi 1867-77).

3. Burial slab of Σεπτίμιος Φρόντων Πρα[ιτεξτ]ᾶτο[ς] Λικ[ινιανὸς]. Area I. Catacomb of Callisto. Rome (Picture by the author).

4. Graffiti with invocation to Ss. Peter and Paul. Triclia. Catacomb of St. Sebastian. Rome (Picture by the author).

tury onward. Some examples, again taken from the catacombs of Rome, mention Sunday in place of the more common *dies solis*[36].
The burial of *Gerontius, primicerius* of the Notaries of the Holy Roman Church, took place, however, *diae sabbato*[37], as did the deposition of another anonymous deceased in the cemetery of Ciriaca on the Via Tiburtina[38]. However, the most striking temporal references supplant the mention of the eponymous consuls who gave their names to the years and are those linked to the neuralgic feasts of the new Christian liturgy, particularly Christmas and Easter and, from the fourth century onward, the commemorative days of the Martyrs[39]. Then there are a handful of fascinating inscriptions that link the date of birth, passing away, or burial with astronomical mention accompanied by precise dating linked to the lunar cycle[40].

Ideal Time and Real Space

The certainty of continuing existence beyond the veil of death, which emerged from documentary and epigraphic data, materializes concretely through the iconographic medium. The humus in which the Christian figurative culture takes root is that of those mentioned above Roman funerary representations of the aristocratic matrix where the reality beyond the world is imagined as a locus amoenus of Virgilian remembrance that only philosophers can access[41]. The themes of philosophy and bucolic idyll are mixed together to provide a spatial dimension to the moment beyond the passing. For this reason, the earliest decorative attestations of such funerary motifs speak a neutral language that, in the absence of distinctly identifiable elements, leaves doubt about the faith professed by the patrons[42]. This is the case with large pastoral sarcophagi[43], such as the one with agro-pastoral themes from the sandstone of the catacomb of Priscilla[44], or the one known as 'of the three Shepherds' [Fig. 5], found on the Via Appia Pignatelli in the area of the catacomb of Pretestato[45]. Here the cryophores are suspended on lithic pedestals immersed in a series of vitine whorls populated by harvesting putti. On the sarcophagus of the Via Salaria[Fig. 6][46], on the other hand, the deceased are depicted at the margins of the scene, portrayed in a moment of reading and adlocutio, dressed as philosophers, the man in tunic and pallium while unfolding a scroll; the woman in a long tunic and ball, intent in the gesture of the speech. In the center stand the two images of the cryophorous shepherd, who has not yet assumed the Christological function (Bisconti 2000 a, p. 138), and the woman in the attitude 'expansis manibus,' one personifying philanthropy, the other representing pietas (Bisconti 2000 b, pp. 235-236). In the background, two virgules on either side of the shepherd and two sheep immerse the scene in the rural setting; however, it is a far less obvious detail that leads one to interpret the scene not only as being cast in a defined space, but inserted in a definite time: on the left, in the resulting space between the face of an individual assisting the seated philosopher and the large ram protome that contours the marble ark, a sundial emerges, positioned on a column. This element, which would seem relatively negligible, returns again and again in the funerary plastic to mark the becoming of a scene, the exact time, to act as a time coordinate that completes the localization of a depicted event, concretizing it in reality[47].
The specific type of sundial in question is the *pelignum*, shaped like an irregular triangle with the apex pointing downward and open like a booklet, in which the meridian line coincides with half of the surface and culminates with the gnomon, positioned at the top center. The choice of this typology is due to the ease with which it could be made in confined spaces as a corollary to articulated figurations, as opposed to the *pelecinum*, which lent itself, instead, to flat use (Severino 2011; Pagliano 2018), which nevertheless finds figurative declinations [Figs. 7-8].
The use of these instruments in the funerary context about the fleetingness of the hours, the transience of life, was a theme already widespread in the classical environment in association with the representation of the Fates [Fig. 8][48]. Not surprisingly, Aulus Gellius in Noctes Atticae, through Plautus states, "Let the gods curse the one who first invented the hours and placed the first sundial here"[49].
Even when the figurative language takes on blatantly Christian semantics, the sundial does not abandon its function. Instead it heightens it, marking, in the realm of the real, a qualitatively relevant moment, a "divine time" (Utro 2019).
This enhancement manifests in a particular class of sarcophagi, Bethseda sarcophagi [Figs. 9-11]. This is a category that has fewer than twenty known examples, characterized by a series of Christological figurations with a soteric character, occurring against the backdrop of an arcaded urban setting, identified as the porticus of the probatic pool, that of Bethesda in Jerusalem, where, according to John's Gospel, an angel stirred the waters that healed those who immersed themselves in it[50]. There, Christ healed a paralytic who could not reach the pool when the waters were in motion, a miracle depicted on the front of these sarcophagi, along with other scenes, including the healing of two blind men and the bleeding woman and, toward the right, Jesus' meeting with Zacchaeus and entering Jerusalem. The sundial locates in one of the spandrels of the arches, the one in the central position, near the figure of Christ who is striding under the porticoes as he emphatically performs the gesture of speech, that is, the gesture that accompanies the miraculous dialogue, the question addressed to the sick man, "Do you want to be healed?" and

5.
Sarcophagus 'of the three Shepherds'. Cemetery of Pretestato. Pius Christian Museum. Vatican Museums. Vatican City (from https://m.museivaticani.va).

6.
Tub sarcophagus, so-called sarcophagus of the Via Salaria. Pius Christian Museum. Vatican Museums. Vatican City (from https://m.museivaticani.va).

7.
Strigilated sarcophagus with personifications. Palazzo Sanseverino al Corso. Rome. (from Deichmann F.W., Bovini G., Brandenburg H. 1967).

8.
Sarcophagus fragment with representation of the Fates. (from Utro 2019).

9.
Bethesda sarcophagus. Vatican Necropolis. Pius Christian Museum. Vatican Museums. Vatican City (from https://m.museivaticani.va).

10.
Detail of Bethesda sarcophagus. Scene of the healing of the paralytic. Episcope. Ischia (from Utro 2019).

11.
Detail of Bethesda sarcophagus. Scene of the healing of the paralytic. Exterior of the cathedral. Tarragona (from Utro 2019).

the subsequent command, "Arise, take up thy bed and walk." The measuring instrument of time, then, emphasizes the "propitious time," the "hour of salvation" that echoes in the Pauline letters[51].

The semiotic oscillation between time and space, ideal and real, is particularly emblematic if we analyze one more case: the painted decoration of the two cubicles of the Aurelian Hypogeum, located at Via Luzzatti 2 in Rome[52].

This funerary monument consists of a semi-hypogeous masonry room and two underground rooms about 5 m below the floor level. The entire decorative program conveys the eschatological conception of a culturally refined patronage, who decided to adorn the rooms with motifs taken from the mythological repertoire in admixture with the philosophical theme immersed in a bucolic idyll that conveys the message of cosmic peace, the one wished for the deceased. In this context, the frescoes in cubicle A are fascinating: in them, the question on which the assembly of philosophers, portrayed in a 'medicine scene' in the lunette of the back arcosolium of cubicle B, seems to find an answer, namely what is the fate of the soul. The decorative program of the walls of funerary room A is divided into two registers: the lower one is composed of a megalographic theory of philosophers. In contrast, the upper one composes a narrative unfolding along three perimeter surfaces.

After an opening that features a philosopher, caught in the moment of interrupted reading, sitting on a hill at the base of which is a flock of sheep and goats[53], the scene focuses on the image of a noble knight bidding farewell to a group of individuals [Fig. 12]. His figure moves against a square-shaped golden background, the parapèthasma, the veil between life and death, which becomes the critical attribute for understanding how the protagonist is leaving the world of the living. The path to which his mount guides him is strewn with rose petals, a clear funerary reference, and leads to the gate of a turreted city, through whose archway those who have preceded him into the afterlife go against the knight. Here the otherworldly habitat materializes in the eyes of the viewer, but also in the imagination of the time, as an articulated settlement of majestic walled architecture, atriums and quadriporticos within which 'time' flows for the deceased, who are engaged in activity, almost as if they were still alive.

The protagonist is portrayed shortly after that in a moment of oration, in the center of a porticoed space as he harangues a crowd of individuals who have come to hear him [Fig. 13]. The narrative continues by showing the bird's-eye view of the urban landscape, a landscape that fades into the suburb where the protagonist entertains himself with other friends in festive refreshments surrounded by greenery. Finally, the scene returns to real space to represent a specific time of mourning. A short distance from the walls of a city, which we might identify as Rome itself, a waxy-faced woman on a steed, gazes at a catafalque with two corpses placed in the enclosed space in front of a chambered tomb as the semi-hypogeum environment that belonged to the Aurelians themselves must have been [Fig. 14]. The representation crystallizes the moment of the pròthesis of the deceased, most likely the two brothers, *Aurelius Onesimus* and *Aurelius Papirius* who, together with their sister, *Aurelia Felicissima* are remembered in the precious mosaic inscription affecting the floor of cubicle A[54].

The use of the architectural figure in order to represent an equally ideal reality and time is the result of a maturing process of both theological thought and the figurative language of Christian patronage, of which we have an outcome in the late 4th century, visible in the sarcophagi known as 'city gate' sarcophagi [Fig. 15][55]. In such a peculiar typology, the arches in the background are not only a tectonic device that punctuates the theories of characters, primarily apostles converging toward Christ, or individual scenes within well-defined backgrounds, but also serves as an element that expands the concept of the seat of the divine, invisible cosmos. This meaning will be fully expressed in the magniloquent figurative cycles of the apsidal basins and triumphal arches, such as those in the basilicas of S. Prassede and S. Pudenziana, where authentic architecture becomes an image of the heavenly Jerusalem[56]. At St. Praxedes [Fig. 16], for example, the iconographic organization of the upper register of the triumphal arch depicts a scene of introitus of two theories of individuals preceded by angels and saints, specifically the principes apostolorum, Peter and Paul, in a turreted city with gem-walled walls, inhabited by the saints praising Christ, the center of the scene, with a precise reference to the text of Revelation[57].

In sum, in the most mature period of early Christian art, a reversal of the concept of the blissful beyond-world, of paradisus, takes place: from a pleasant place surrounded by greenery, it moves to the urban location; this is especially true of the large figurative programs that show close ties with the highest patronage of the time, attentive to scriptural implications. However, there are also solutions in which paradise turns out to be suggested through more modest iconographies of dwellings or synecdoche of this theme, such as newly opened doors or veils stretched out at the entrance of houses, which borrow the message of the *ianua inferi*, into that of the *ianua coeli*, the gate of salvation, through the mediation of patristic texts, especially Ambrose and Gregory the Great[59].

In conclusion, if the late-antique man lived with the idea that the afterlife was a time as yet undefined, characterized by a kind of stillness or carefreeness in

12.
Farewell scene. Cubicle A, Hypogeum of the Aurelians. 230 AD. Rome (from Bisconti 2011).

13.
View of urban landscape with oration scene. Cubicle A, Hypogeum of the Aurelians. 230 AD. Rome (from Bisconti 2011).

14.
Right wall of cubicle A and detail of prothesis. Hypogeum of the Aurelians. 230 AD. Rome (from Bisconti 2011).

15.
Cast of the sarcophagus 'of Stilicho'. Pius Christian Museum. Vatican Museums. Vatican City (photo by the author).

16.
Detail of the mosaic of the triumphal arch. Basilica of St. Praxedes. Rome (photo by the author).

Image p. 68:
Dettaglio del sarcofago di Bethesda. Necropoli vaticana. Museo Pio Cristiano. Musei Vaticani. Città del Vaticano (da https://m.museivaticani.va).

the continuation of certain situations and activities perpetuated in life, the Christian passes through this phase to arrive at a conception of a new life in communion with the fratres and contemplating God, under the aegis of Christ. He lives in real-time by prefiguring with architectural, epigraphic, and iconographic language "a new heaven and a new earth, because the heaven of before and the earth of before had passed away"[60], and he does so as in a skillful play of mirrors where space and time alternate, between the real and the ideal. In a suggestive line, paraphrasing what Fabrizio Bonoli states in quoting Hermann Minkowski[61], it is precisely in Late Antiquity that man begins more fully to experience a time, the time beyond, in a real place. This particular perspective has not yet been fully investigated in all its potentialities; in fact, the multidisciplinary dialogue between literary, scriptural, archaeological, and architectural aspects, if pursued more systematically, could usher in a new strand of studies that would allow a clearer understanding of the vision of time and space, both earthly and otherworldly, so peculiar as that of Late Antique society that is of far removed from the materialism, of a post-processualist positivist sort, that often accompanies the outlook of many contemporary studies.

Notes

1. In the contemporary world, there is a natural time, an individual time, a collective time, and a social time.
2. This term refers to the historical period that conventionally starts with the so-called crisis of the third century and lasts, as the case may be, until the seventh century. Cf. Marcone 2020.
3. This conception of time has its roots in Ancient Greek philosophical reflections, Platonism, and epigone doctrines, including the seminal writings of Polybius. See in this regard Musti 1974, pp. 105-143; Pol., Ἱστορ. XXXX= Musti 2001; Thorton 2020.
4. Only those with the skills and 'time' for introspective inquiry could access a blissful afterlife. Most of the population remained bound to ritualistic, prescriptive, superstitious, and legal practices that ensured the protection and functioning of the 'living' order. In the historical context of reference, there are numerous philosophical currents, mostly of Eastern origin, in which reflection on the temporal dimension is present, currents that take root within elite, sectarian groups. These include Neo-Pythagoreanism, Middle Platonism, Alexandrian Judaism, Neo-Platonism, and the teachings of Iambicus, Proclus, Damascius, and Simplicius. See Levi 1952, pp. 173-200.
5. The funerary practice provided for a decent burial so that a vituperal death would not occur, bringing chaos to the world of the living (Mansuelli 1963, pp. 19-93). The structure of the tomb and its architectural characterization has, for most attestations, this purely earthly connotation (Invernizzi 1994, pp. 29-57). Although many funerary structures in Roman necropolises draw heavily from the stylistic features of the Templar buildings of their contemporaries, with an apparent reference to the sacredness of the space enclosed by their walls, the locus sepolturae, a marked emphasis on their connection with the concept of consecratio in forma deorum of the deceased is to be limited (Lavagne 1987, pp. 163-164), a practice circumscribed almost exclusively to the imperial family (Scheid 2005 and related bibliography). See, most recently, Ortalli 2010 a, pp. 29-31.
6. See Salway 1994, pp. 124-145 about the Roman onomastic system.
7. CIL, VI 26003.
8. Buonopane 2023.
9. See Zaccaria 1997, pp. 67-82; Zanker 2002; Zanker, Ewald 2008.
10. In addition, other decorative elements had a symbolic function, now regarding earthly practices - this is the case with phytomorphs motifs that reproduced the plant decorations of funerary processions and festivities related to the departed (for a roundup of such motifs cf. Dräger 1994), or of representations of liturgical objects-sometimes with a prophylactic and apotropaic function-such as beasts, theriomorphic or mythological creatures-now filling the function of psychopomps, symbolizing the transmigration of souls. As for the mythological representations depicted in some precious artifacts, without going too far into the matter, we can say that they served as a glorifying element of the deceased, exalting the joy of living or the happy moments past. Dionysian processions, heroic hunts, and sea theses brought comfort to the living in their mourning (on the subject see von Hesberg 1994, pp. 244-254; Zanker 2002, pp. 162-164; Zanker, Ewald 2008; Ortalli 2010 b, pp. 88-89).
11. They referred, in fact, to carefreeness and the enjoyment of earthly goods, as well as alluding to the funeral rites celebrated in memory of the deceased. For funeral rites in the Roman world, see Toynbee 1971; Scheid 2005.
12. During the banquet, the living usually sit in a reclining position around a sigmoidal table and draw from a central table while servants serve them drinks or meal. The characters are often portrayed in conversation in which, in some cases, the deceased symbolically participate and is also addressed with the emphatic gesture of

speech or porrecti digits to exorcise their otherness from the living. See, most recently, Ortalli 2010 b, p. 91.

13. Although the practice of hypogeal burial was not new in the Late Antique Empire, its extensive and programmatic exploitation by the Christian community resulted in the creation of veritable subterranean Urbs, a city of the dead that stood, even more so than the classical necropolis, in a position of otherness to the space of the living. Architecturally and planimetrically, the catacomb arrangement responded to a plurality of functions that had both practical and religious implications. The first advantage factor was economic: the acquisition of underground lots must have had a much smaller economic impact on a community in formation than the acquisition of sub divo areas. The excavation of ambulacra perpendicular to each other, which originated from matrix tunnels, allowed an accurate rationalization of space: the tunnels have wall diaphragms such as to accommodate a given number of stacks of loculi, before the opening of further transverse tunnels, as can be appreciated in the genetic systems of the catacombs of Calepodium, Callistus, Domitilla, Novaziano, Pretestato and Priscilla. Moreover, this arrangement made it possible to take advantage of all available space in order to inter as many of the deceased as possible to meet one of the most pressing needs of the fratres, that of sharing with other brothers in the faith the rest in anticipation of the resurrection (see Fiocchi Nicolai 2007, pp. 467-472; Fiocchi Nicolai 2009, pp. 16-19).
14. In early Christian epigraphy, whose earliest attestations can be framed between the late 2nd and early 3rd centuries, such a message is almost absent, given the laconism that characterizes early epitaphs. In addition to the onomastic element of the deceased, there are sporadic irenic exclamations that, through the formula 'peace,' 'in peace,' 'peace to you,' allude to the hope of an afterlife peace or the wish for a peaceful rest in the tomb. See in this regard Janssens 1981, p. 93, 258-263; Carletti 2008; Mazzoleni 2009, pp. 149-154.
15. Janssens 1981, pp. 265-270.
16. Janssens 1981, pp. 262-263.
17. ICUR VI 15842; "For my ultimate fate I have no fear whatsoever, the only hope for me of salvation is indeed Christ, under whose guidance death dies."
18. ICUR IV 10585.
19. ICUR X 26329.
20. In particular, the references are to two episodes from the Johannine Gospel and one from Matthew's Gospel: the resurrection of Lazarus (Jn. 11:1-44), the discourse of the seed that, once dead, is reborn (Jn. 12:24-25), and Jesus walking on water (Mt. 14:25-26).
21. ICUR IV 12418.
22. ICUR IV 10685.
23. The attribution is given by the joint burial with a woman-perhaps his wife or mother-who bears the title ἡ λαμπροτάτη, clarissima.
24. The mention of such a date is almost totally absent in secular inscriptions due to the retrospective view already alluded to; it was mostly a nefarious day, appearing in sepulchral formularies only in connection with portentous events that shook the superstitious sensibilities of the Romans. Cf. for the various positions in the literature on this topic, see Carletti 2004, pp. 21-48.
25. Mazzoleni 2015, p. 458.
26. ICUR V 13015.
27. ICUR V 13002.a1.
28. ICUR V 12993a
29. ICUR IV 9524.
30. Ibid.
31. ICUR IV 9521.
32. ICUR IV 9524
33. Carletti 2002, pp. 331-332.
34. See Cristiani 1987, pp. 439-504.
35. CIL X 4495.
36. *hic requiescit Mast[---] / qui vixit annus plus [minus ---] / VII kal(endas) se(pte)mb(res) d(ie) domin[ica ---]* (ICUR I 486); From Lucina's crypt, inside the catacombs of Calixtus, *[locu]s Iuliani e[t ---] / vv(irorum) cc(larissimorum) deposit[us ---] / dominica q[---] / men(ses) VIII dies XX* (ICUR II 5803 a); from the cemetery of Commodilla, we have mention of the burial of an unknown woman at the time of the *[consulatu] Ffll(aviorum) Felicis et Tauri [---] / [--- d]ep(osita) id(us?) martias r(ecessit) die d[ominica] / [fecit cum ma]rito annis X* (ICUR II 6070.1).
37. ICUR I 1477.
38. ICUR VII 18308: *[--- an]nus plus min(us) / [---] us XI calendas / [--- die] sabbato*.
39. An epitaph from the catacomb of Priscilla, and now preserved at the Ducal Palace in Urbino, was dedicated to *Vere Faiane que...decessit pridiae Na/tale* (ICUR IX 23151), while *Maximinus*, reader of the *titulus* of Ss. John and Paul at the Caelius, was *depositus...ante pridie Pascae* (ICUR V 13289.2). *Severus*, as known as *Paschasius*, was buried in the cemetery of *Castulus*, on the ancient Via Labicana, *octabas Pascae* (ICUR VI 15895). From the cemetery of Commodilla we have news of a *Pascasius* who *fecit fatu* (fulfilled his fate) the day before the birth of the martyr Asterio (ICUR II 6094). In the same funerary district, we also find the *[locus] Felicitatis / [quae depo]sita est / [natal]e domnes The/[clae ---]* (ICUR II 6095) or again *Ilara que vicsit annis XVII in / pacae natale*

Susti (ICUR IV 12651).

40. '*puer natus ... /ora noctis IIII / inlu(i)xit VIII idus ma{d}ias / die Saturnis luna vigesima / sicno apiorno (:signo capricorno) nomine Simplicius* (ICUR VI 15587). Mention of the moon of the month also appears on a titulus from the Via Flaminia, preserved now in the Museo Nazionale Romano, where we read of the rest of *Quadragesima* who lived 45 years and laid to rest on the seventh day before the kalends of January (December 26), on the day of the moon before (ICUR I 1947; ICUR X 27666). From the catacomb of Commodilla, we know of little Leoparda, who died at two years and eleven months, fifteen days before the kalends of October, during moon XV (ICUR II 6052).
41. See *supra* pp. 3-4 and Ciccarese 1987.
42. This language, still tied to secular heritage themes, persists almost throughout the third century, with later attestations, even in the Christian context.
43. In general, for references to sarcophagi see Deichmann, Cattle, Brandenburg 1967.
44. See Spera 2000, pp. 243-284.
45. Bayet 1962, pp. 171-213.
46. Bisconti 2004, p. 57.
47. There are plenty of examples: see Bisconti 1983, pp. 61-85;
48. As an exemple, see the three Moires on a fragment of a late 3rd-century Roman sarcophagus preserved in the Pio-Clementine Museum of the Vatican Museums.
49. Aul. Gell., *Noct. Att.* III, 3, 5.
50. Jn 5, 2-15.
51. 2 *Cor*. 6, 1-2.
52. For details about the monument see Bisconti 2011.
53. The figure was interpreted, at first, as a representation of the teaching Christ, a snapshot of the Sermon on the Mount where animals represent the crowds at the base of the hill. The reading is far more neutral and falls within the cases where philosophy is portrayed within bucolic contexts as a figuration of the afterlife. See Giannitrapani 2000, pp. 181-182.
54. '*Aurelio Onisimo/ Aurelio Papirio/ Aureliae Prime virg(inae)/ Aurelius Felicissimus/ fratris et coliber(-tis) b(ene)m(erentibus) f(ecit)*'.
55. Bisconti 2007, pp. 456-467.
56. In general see Goffredo 2000, p. 150.
57. "[10] And he carried me away in the Spirit to a mountain great and high, and showed me the Holy City, Jerusalem, coming down out of heaven from God. [11] It shone with the glory of God, and its brilliance was like that of a very precious jewel, like a jasper, clear as crystal.[12] It had a great, high wall with twelve gates, and with twelve angels at the gates. On the gates were written the names of the twelve tribes of Israel.[13] There were three gates on the east, three on the north, three on the south and three on the west.[14] The wall of the city had twelve foundations, and on them were the names of the twelve apostles of the Lamb." *Rev*. 21, 10-14
58. Amb., *De Bono Mort*. 10, 45= CSEL 32, 741.
59. Greg. Magn., *Dial*. 4, 36, 13= SC 265, pp. 122-124.
60. Rev. 21, 1.
61. Bonoli 2022, p. 24.

Geometry, number, and cosmos in the ancient city: The *Augusta Regio XI*

Sandro Caranzano, Mariateresa Crosta

Key words
Transpadanian XI Region
Roman Piedmont
Gnomonic *Ars*
Square Rome
Augural Discipline

Introduction

A peculiar characteristic of Rome was the ability to acquire, systematize, and make available to citizens the scientific achievements developed by greek civilization in the classical and hellenistic periods. Many of the theoretical insights developed in Alexandria, Antioch, and Rhodes found direct application in the founding of the city and the centuriation of the countryside, taking advantage of the logistical organization and technical skills of Roman architects, urban planners, and surveyors (Dioxiadis 1972; Geertman, de Jong 1987; Wesenberg 1987; Russo 2013). Vitruvius, organizing the extensive material at hisdisposal in *De Architectura*, explicitly mentions the need to pursue *firmitas* (solidity), *venustas* (beauty), and *utilitas* (functionality) (I 3, 2). To achieve this, he employs abstract concepts such as the use of the module (*ordinatio*), planning in terms of ground plan, elevation, and perspective of the building (*dispositio*), and the search for proportionality among its parts through the challenging concepts of *eurythmia* and *symmetria* (I 2, 2-4). Among the architect's tasks is also the evaluation of the nature of the site "in function of the use and appearance of the buil-

1.
Map of Roman Turin from a graphic survey by the Royal Superintendence of Medieval and Modern Art. The black lines indicate the segments of the city walls archaeologically recognized, and at the locations of the streets, segments of sewers and Roman paving brought to light during occasional excavations (from Bendinelli 1929).

2.
Stratigraphic section of the sacrificial space uncovered 30 centimeters from the curtain wall of *Augusta Taurinorum*, with four amphorae arranged at the vertices of a quadrangle (5.30 x 4.15 x 5.60 x 4.50) filled with segments of bovine ribs. (Graphic elaboration by Sandro Caranzano).

3.
Plan of *Augusta Praetoria*-Aosta with indication of the Roman *insulae*, the circuit of the walls, and the main monuments. The axis of the *cardo* (via Croix-de-Ville/ Challand) is aligned with the rising of the Sun at the winter solstice (ASI) at 158° 06' NW-SE. (Graphic elaboration by Sandro Caranzano).

ding," modulating its proportions based on the surrounding environment (VI, 1,2): this is the theme of the relationship between the building and the landscape that we will return to. Sesto Giulio Frontino and Igino Gromatico provide more information on measurement methods and criteria for orienting axes with respect to the landscape and cosmos (Hyg. Grom. L. 167-191; Front. L. 27-29). The treatises of the *gromatici* indeed support the understanding of experimentally observed cases where a particular building or the axis of a city appears oriented with the rising of the Sun on specific dates of the civil or religious calendar (Nissen 1869; Valeton 1892; Aveni, Romano 1994; Magli 2008; Gottarelli 2010; González-García, Magli 2015). To date, the investigation into the form of the ancient city has essentially divided into two strands: the first linked to the study of internal proportional relationships of the building conceived as closed in itself (architecture), and the second more closely connected to the relationship between the city and the cosmos (archaeoastronomy). These disciplines related to each other organically, especially in the design phase (Incerti 2010). It is known, moreover, that in the ancient world, mathematics, geometry, astronomy, and music (unified by "measure" and "proportion") were perceived as part of a whole (Vitruvius *De arch* I 1,3 and IX 1-6; Hyg. L 184-188). An investigation into Roman Piedmont is particularly stimulating when considering the political and historical conditions of an area that remained essentially peripheral in ancient Italy. Here, the foundation of some colonies such as Turin and Aosta occurred on a terrain devoid of significant pre-existing structures, allowing for the implementation of projects and theoretical solutions without excessive constraints (Sommella 2018).

The shape of the city and the course of the Sun

In Piedmont, colonization proceeded along two directions and relatively late (Torelli 1998; Migliario 2014). Little is known about the Republican-era colonies of *Dertona*-Tortona (123/118 B.C.) and *Eporedi*a-Ivrea (100 B.C.), so it is currently not possible to trace their urban structure. However, more information is available for the Augustan period when the urbanization of territories north of the Po river took place (*Regio XI Transpadana*). Svetonio recalls that Augustus personally founded 28 colonies in Italy (Aug. 46), including Turin-*Augusta Taurinorum* and Aosta-*Augusta Praetoria* (25 B.C.). The two cities have comparable plans: *Augusta Taurinorum* is characterized by 8 × 9 square blocks of 70 x 70 meters on an area of 760 × 670 meters, while *Augusta Praetoria* is organized with 8 × 8 blocks in a more "elongated" plan, measuring 725 x 571 meters. In the orthogonal layout of *cardini* and *decumani* in the two cities, we can recognize an application of the *castrum* model in a civilian context (Dilke 1988), especially considering that the practical and organizational needs of a military camp (mobility, provisioning, defense) were not very different from those of a city with about 6000 inhabitants. At the same time, there may be a symbolic interest reflected, for example, in the use of the square module, the true generating axis of the city, the shape of the enclosure, and the blocks [fig. 1]. This is confirmed by the writings of Solino (I, 17), who mentions an enigmatic "Square Rome" in *equilibrium* (Feraco 2015). Sesto Pompeo Festo (*De verb. sign.* 310) relates that Augustus built a "Square Rome" in front of the temple of Apollo on the Palatine, a sacred space with an altar where "what is good for the foundation of a city and for the purpose of auspice" was stored. It matters little whether the concept of square and "balanced" Rome truly belonged to the city of Romulus, as claimed by Roman historians, and was rather the result of a reworking of Pythagorean concepts that occurred in the hellenistic era (Grandazzi 1993; Mastrocinque 1998 and 2000). Practice shows that the square module is repeatedly proposed in the city. Thus, in *Augusta Taurinorum*-Turin and in *Hasta*-Asti, the hexadecagonal plan of the towers of the city gates is connected to the square base through appropriately shaped truncated pyramid buttresses (Bendinelli 1929). Even the inauguration altar of the Roman walls, discovered in 2001 in Piazza Castello in Turin, was made by placing four amphorae at the vertices of a quadrilateral about 5 meters per side, inside of which the ashes of the ritual meal were buried (Brecciaroli Taborelli, Gabucci 2006) [fig. 2]. The ideal connection with the so-called "Square Rome" is explained by the fact that the colonies were legally considered a true "extension of Rome outside of Rome," unlike the municipalities and Latin colonies, which were instead exempt from the ideological obligation to conform to the archetype of the *Urbs* (Gargola 1994; Maganzani 2002). If the symmetry of the colonial city finds a solution in the square model, it remains to be clarified how it relates to the cosmos. Research on *Augusta Praetoria* highlights that on December 21, at the winter solstice, the Sun rises at an angle of 17° above the local horizon due to the obstacle posed by the mountains (which reach a height of 2090 meters just 5 km away), illuminating the *cardo* and the city from south to north (Bertarione, Magli 2015). This effect was achieved through the orientation of the *cardo maximus* at approximately 158° azimuth [fig. 3]. The inversion of the *cardo* with the decumanus is hinted at among the possible variations by Igino Gromatico (*de lim.* L. 170.10). The unusual displacement of the facades of the forum temples to the south – and not to the east as envisaged by Igino (*de lim.* L. 170.1)[1] – represents only an apparent anomaly, as it was finalized to allow the illumination of the pedi-

4.
Funerary stele of the loyalist legionary L. Marius from Pezzolo (CN), with the representation of the she-wolf and the twins in the lower register; at the top, the disc of Apollo on an altar between the zodiac sign of Capricorn, dear to Augustus. The position of the capricorns facing the solar disc should be considered an allusion to the winter solstice. (Photo by Sandro Caranzano).

5.
Archaeological survey at the opening of Via Garibaldi onto Piazza Castello from the early 1980s. The street runs in axis towards the Juvarrian façade that incorporates the eastern Roman gate. (from Filippi F. In *Torino nell'alto medioevo: castello, uomini, oggetti.* Musei Civici della Città di Torino, Turin).

ment, altars, and celebratory statues of the forum on December 21, the urban birthday; a date considered predetermined and auspicious, coinciding with the conception of Octavian Augustus (Barbone 2012). [fig. 4]. The discovery of a high relief with the image of a plow and the zodiac sign of Capricorn (La Rocca 2017) at the northwest tower confirms the allusive component of the inaugural act and the walls (Bertarione, Joris 2013).

The emblematic case of Aosta has stimulated an investigation into the colony of *Augusta Taurinorum*, also established in the mid-Augustan period, but whose foundation date is not known.

The starting point for any speculation is the fortunate persistence of the layout of the main decumanus with the current Via Garibaldi, whose azimuth has been verified both with GPS and with a theodolite (Caranzano, Crosta 2018-19) [fig. 5][2].

Reconstruction of the measurement process and the case of *Augusta Taurinorum*

In order to reconstruct the procedure implemented by the *gromatici*, a critical reexamination of ancient treatises in light of modern knowledge on the Etrusco-Roman foundation ritual seemed appropriate (Sassatelli 2005). Here, first and foremost, the importance of the *groma/gnomon* for understanding the apparent motion of the Sun and orientation in space is confirmed (Severino 2011; Pagliano 2022). Frontino explicitly speaks of a "supreme and divine art of gnomonics," asserting that "the desire to obtain the truth cannot be satisfied except through the movement of a shadow" (L. 184.1). Despite the limitations of the technical language used by the *gromatici*, Igino suggests that orientation with respect to the course of the Sun (also for recognizing cardinal points) was carried out by observing the shadows of a gnomon and recording at least three measurements: one at sunrise, one at sunset, and one at noon when the shadow reaches its minimum length. Igino also indicates the specific moment to perform these measurements, that is in coincidence with the first and last gleams, expressed by the superlatives *primum* and *novissime* (L. 183.1). The *gromatici* are also well aware of the effect of the Sun's appearance being either advanced or delayed in the presence of natural obstacles on the horizon (as highlighted in Aosta)[3]. The estimation of the point of *proximum vero ortum* – which, by itself, does not produce a significant shadow – involves an adjustment to inscribe the "foundation" rectangle (the land) in the reference circle (the sky). The correction on the rising point could be made by comparing the projections of the gnomon's shadows (Caranzano, Crosta 2022) through a geometric calculation deducible from the gnomon theorem (Euclid *Elem.* I, 43). The geometric algorithm served to perform mutual subtractions of iterative processes aimed at finding the common module between unbalanced measurements, such as the height of the shadow at sunset and sunrise. Essentially, while the *groma* was the essential tool for accurately tracing right angles on the ground and setting up centuriation, the shadow of the gnomon represented the basic complementary tool for any theoretical consideration of the Sun's movement (Hyg. *Const. Lim.* L 189, 1-15). In the calculation of the colony's foundation day, both sunrise and sunset were taken into account, balancing them through the instruments of Euclidean geometry. To obtain reliable interpretations, astronomical algorithms for the True Sun (Lattanzi, Pannunzio 2006; Meus 1999) were implemented in a specially developed IDL program to analyze, in a coherent framework with multiple variables, the backward reconstruction of measurement operations carried out by the gromaticus. A simple inspection through *CyberSky* or *Stellarium* would not allow the simultaneous analysis of factors affecting the observation of the first appearance of the solar disk[4]. These uncertainties were incorporated into spherical trigonometry formulas for azimuth (local coordinates) and for the hour angle (which calculates the time relative to the passage of a celestial body through the meridian); the latter depends on the location's latitude, the declination of the True Sun (i.e., the average obliquity of the ecliptic and the geocentric apparent longitude along the ecliptic), as well as the Julian date (fundamental in astronomy to calculate a celestial phenomenon independently of the calendar in use). Finally, using specific IDL astronomical libraries, a numerical inversion of the trigonometric formula for azimuthal coordinates around the only available data (the measured azimuth of Via Garibaldi) was calculated, representing the result of the measurement operation performed by the *gromatici* including all possible factors. Since the possible foundation dates of *Augusta Taurinorum* fall within a narrow historical period, between 27 B.C .(the date of Octavian's grant of the title Augustus) and 14 A.D. (the date of his death), it was possible to filter values that harmonize with the geographical, epigraphic, historical, and archaeological contexts. The inversion, in fact, allows selecting an interval of corresponding dates and converting the Julian date into a civil day according to the calendar of the time for all relevant years[5].

Contextual interpretation of computational analysis

The study focused on dates occurring after the winter solstice, as observed in the known inaugural dates from sources to date, specifically: Rome on April 21 (Varro. *Rom.* 12,2), Bologna on December 28 (Liv. XXXVII, 57,7), Brindisi on August 5 (Cic. *Ad Fam.* 4,14), and Constantinople on May 11 (*Chron. Pasc.* 330)[6].Regarding the interference of natural reliefs

6.
The figure shows the distribution of computed azimuths (Y-axis) around the measured value of the azimuth of the decumanus (indicated between the horizontal dashed lines) as a function of both variations in the obstacle's altitude at sunrise (value range indicated in the colored band on the right) and the years (X-axis). The dashed rectangle contains the values considered in our analysis (years 9 and 8 B.C.). Graphic elaboration by Mariateresa Crosta) Turin).

7.
The figure displays the distribution of days (Z-axis) concerning altitudes (X-axis, colors corresponding to those in Figure 6) at sunrise around the measured azimuth value (Y-axis). It is evident that the dates around January 30 are ompatible with the first glimmer of the rising sun, considering natural obstacles, while the days from February 1 onwards correspond to higher altitudes. The image also includes dates between November 11 and 16. (Graphic elaboration by Mariateresa Crosta).

8.
Framing of the summit of Mount Rocciamelone in the Roman arch, by the indigenous populations in honor of Augustus, from the eurhythmic observation point located at 10.65 meters from the facade. (Photo by Sandro Caranzano).

on the horizon, in Turin, there is the presence of the profile of the Turin hill to the east and the Alpine chain to the west. The balancing of the azimuth of the rising Sun on January 30 occurs for heights close to the visual obstacle at dawn, validating the hypothesis that the very first glimmer of the upper edge of the Sun was observed [figs. 6, 7]. Numerical analyses clearly show that January 30 coincides with the motion of the True Sun, regardless of possible calculation errors related to the adopted civil calendar, together with the observation of a *proximum vero ortum* point, confirming the hypothesis that the city was founded according to the course of the Sun. The recurrence of the date January 30 is of certain interest because it coincides with the celebration of the *Ara Pacis Augustae*, established by the Senate on July 4, 13 B.C., in conjunction with Augustus's *reditus* (*Res Gestae* 11) and celebrated every year in Rome and the empire on January 30, starting from 9 B.C. This celebration, recorded in the *Fasti*, marked a turning point in Augustan politics, signaling the end of civil wars (from the one against Cassio and Bruto to the victory against Marco Antonio and Cleopatra) and was officially propagated as the beginning of a new golden age (Rossini 2006). Significant in this regard is the chronological synchrony with events in Susa, where in 13/12 B.C., a *foedus* was signed with the indigenous king Cozius and in 9/8 B.C. an arch was inaugurated. The inauguration of *Augusta Taurinorum* in honor of a theme that in those years must have been known to all and emphasized by imperial publicity can be considered very credible, especially considering that the last acts of the war had affected the territories near the city with the submission of Alpine tribes, a historical event that was, in some ways, traumatic and required an ideal overcoming.
The date of January 30 implicitly brings a new datum, namely the fixation of a *post quem* term for the deduction of the colony, as it could not have been inaugurated in honor of a celebration not yet instituted (Caranzano, Crosta 2018).

The *municipia: Segusio e Novaria*

Segusio-Susa was a *municipium* (Cimarosti 2009) of small dimensions but monumental character, founded at the entrance of the roads to Moncenisio and Monginevro in 13/12 B.C., promoted to the capital of the prefecture province of the Cozie Alps beyond the administrative border that separated Augustus's Italy XI Regions from Gaul (Barello 2014; Giorcelli 2019). In Susa, the city's planning had to confront a complex morphological situation, characterized by irregular rocky outcrops and the imposition of mountains. The urban layout was based on at least two axes, whose generative elements can be recognized in the Augustan arch located near the rise of the castle (20°70' NE/SW), and in the forum square located in the lower plain (9°70' NE/SW). The Arch of Augustus (9/8 B.C.) was designed with a single arch with Corinthian semicolumns, fully respecting the principles of *ordinatio*, *symmetria*, and *eurythmy* theorized by Vitruvius, which are expressed here through ternary proportions (1:3 *ratio* between the base and the attic, 2:3 between the width and height of the arch, 2:3 between the width of the piers and that of the arch). The orientation of its minor axis at 20°70' SE/NW results from the search for a visually impactful effect: observing the arch from the south, it frames the peak of Rocciamelone (3538 meters) perfectly centrally, with the summit touching the keystone [figs. 8, 9]. It should be added that the ideal observation point coincides with the midpoint of the entrance to the palace; consequently, someone leaving the building and turning 90 degrees when halfway could capture the scenic effect in its entirety while descending towards the forum. In the upper part of the city, the orientation of the arch (constrained by the landscape) thus determined that of the surrounding buildings and, in particular, the adjacent prefectural palace. The design of this monumental complex could have posed a difficult problem without knowledge of trigonometry, but it was resolved by the designers with the help of Euclidean geometry, probably by applying the secant-tangent theorem (Caranzano 2016). The case of Susa finds a comparison in the honorary arch of Donnas (AO), carved into the rock along the route of the Gaul Road, which was renovated by Augustus and led to Aosta. Here too, the arch is set on ternary proportions (2:3 arch *ratio*), and the arch frames the summit of Becco di Nona (2085 meters) from the midpoint and in the keystone [fig. 10]. This demonstrates a precise intention to convey political messages in the specific historical context of the conquest of the Alps (Zanker 2006). Analyzing the Roman forum of Susa, we see that the large square, placed between the course of the Dora Riparia and the profile of the mountains, was designed primarily for practical needs, namely to ensure correct sunlight for the temple and the porticos overlooking the square in a mountainous region characterized by very short days, especially in winter (which is why a south-facing facade was chosen). This is the same choice made in the Roman theater of Turin (1st century A.D.), whose stage was exposed to the south, as suggested for these latitudes by Vitruvius (VI 1, 2). Archaeometric investigations on the acropolis of Susa have also highlighted the importance of horizontal and vertical relationships in the design phase (De Maria 1988). At the top of the hill, after the Arch of Augustus about seventy meters, there is a sacrificial altar of protohistoric tradition popularly called the "druidic *ara*", characterized by a monumental staircase carved into the rock and flanked by a well/*mundus* (Caranzano 2016). A

9.
Visual axis connecting the eyes of the observer positioned in front of the entrance of the praetorian palace (519.2 m above s.l.) with the summit of Mount Rocciamelone (3538 m above s.l.), passing through the arch of Augustus in *Segusio*-Susa. (Graphic elaboration on the terrain model of the Piemonte Region, Geomatics Laboratory for Cultural Heritage, Polytechnic University of Turin, A. Spanò, 2023)

10.
The honorary arch of Donnas (AO) framing the Becco di Nona (2085 m) shortly after the toll station of the *Quadragesima Galliarum* in Carema. (Photo by Sandro Caranzano).

11.
Representation of the Susa acropolis complex through a point cloud determined with laser scanning, with the near-horizontal axis shown in green, connecting the viewpoint of an observer standing on the platform of the "Celtic" altar and the frieze of the *suovetaurilia* with the altar on the Arch of Augustus (cloud by A. D'Errico, 2020).

12.
Plan of *Novaria*-Novara indicating the axes of the cardo and decumanus drawn in the equinoctial direction, along with the Roman city walls (in red). (Graphic elaboration by Sandro Caranzano)

precise measurement with a theodolite has verified the exact altimetric correspondence between the frieze with the *suovetaurilia* sculpted on the arch and the tread level of the sacrificial altar placed at the top of the stairs. From here, looking horizontally, it was possible to see the decorated altar with festoons that catalyzed the figurative apparatus of the arch with a clear semantic correspondence (*ara/ara*) [fig. 11].
All of this leads to framing the Segusino complex in the context of provincial Gaul-Roman monuments where Romanity and indigenous tradition find a form of syncretistic coexistence (Bianchi et al. 2008).
The case of Susa can be compared with that of the Augustan *municipium* of Novara, founded in a flat area. Here, the discovery of a road section in front of the Church of Carmine (Spagnolo Garzoli 2015) allows for the computation of the orientation of the main decumanus, which was traced from east to west (equinoctial orientation) [fig. 12].
This arrangement, presumably achieved with the help of a gnomon, makes Novara a city built according to the model considered "optimal and rational" by Frontino (*de lim*. L. 31). The choice is accompanied by practical consequences: such a city deviates from centuriation and follow the course of the Ticino (17° NW/SE), the urban form deviates from the ideal model of the "square city" because the enclosure must follow the north-west scarp with a diagonal trend.
The case of Novara is not isolated and finds comparisons in *Florentia*-Florence (equinoctial orientation and oblique alignment of the walls on the Arno) and *Ulpia Traiana*-Xanten (oriented with the winter solstice and with oblique walls along the Rhine) [fig. 13].

Gnomonic *Ars* and its archaeological evidence. Conclusions

The *gromatici* point to the *ferramentum*, i.e. the *groma,* whose etymology is traced back to the gnomon, as the starting point for any reflection on land surveying. It seems, therefore, appropriate to highlight the archaeological evidence brought to light in 2012 during excavations at the northeastern Roman tower called the Balivi in *Augusta Praetoria*, already affected by the augural relief with plows and Capricorn. Here, below the foundations, a concrete cylinder (thickness 50 cm) marked by a series of slight radial incisions on the upper face has been revealed [figs. 14-15]. These define 12 rays arranged over an arc of 90°, traced from the center (Bertarione, Jovis 2013). Unfortunately, further investigation is hindered by the fact that, in a very short time, the massive Roman structure of the corner tower was placed on the circular base, concealing a significant portion from view. The homogeneous characteristic of the mortars in the two cementitious cores suggests that the cylindrical structure was cast shortly before the construction of the walls and towers.
If we try to reconstruct the radial figure by extending it over an arc of 360°, considering that each segment covers a slice of 7.5° (corresponding to half an hour), a radially divided disk with 48 sectors is obtained. For this structure, a comparison with the Roman-Dacian andesite disk discovered at *Sarmizegetusa Regi*a (1st century B.C./1st century A.D.) seems possible, indeed the latter is characterized by the presence of only ten segments but with very similar morphological features and interpreted as an equatorial sundial (Glodariu et al. 1996) [fig. 16].
The large dimensions of the artifact and its rapid obliteration make its use as an analemma coupled with a gnomon of the type indicated by the *gromatici* plausible, making it a unique document for the history of ancient architecture. The study of *Augusta Taurinorum* also confirms that any speculative activity regarding urban shape started primarily with the application of the gnomonic *ars*, emphasized by ancient authors (Vitruvius IX). This choice is well explained by the need to precede any measurement and tracing activity on the ground with an accurate knowledge of one's position in time and space, through the study of the shadows cast by the gnomon to determine latitude, hours of insolation (especially where natural obstacles anticipate or delay the rising and setting of the Sun), and one's position in the astronomical calendar (which in antiquity did not necessarily coincide with the civil one). If Aosta represented the starting point for a series of reflections on founding criteria, the analytical study of the arithmeto-geometric and astronomical components of Roman centers in Piedmont shows the ability of ancient architects to draw from a very diverse cultural and scientific background, responding to different needs and necessities with a degree of freedom and variety that does not seem to lend itself to a scientifically repetitive and "predictable" application in the modern sense of the term.
Instead, it reveals an interest in solving contingent practical needs while harmonizing the *forma urbis* with the landscape and the cosmos through science. Influenced by multiple philosophical currents and scientific schools in perpetual dialogue, permeated by the logic of Aristotelian syllogisms, Euclidean geometry, and Pythagorean numerology, the ancient world did not know Cartesian thought, the Enlightenment, and Galilean science. For this reason, the choice of one solution over another was presumably made based on the interweaving of various factors of a political, technological, augural, historical nature that combine in various ways, giving rise to different outcomes, case by case.

Notes

1. Hyg. *Grom. Const. Lim.* L. 170-15: *Quidam in totum converterunt, et fecerunt decimanum in meridianum et kardinem*

13
Plan of *Florentia*-Florence indicating the axes of the cardo and decumanus drawn in the equinoctial direction, with the Roman city walls highlighted in red. In light blue, the ancient riverbeds of the Arno and the Scheraggio-Terzolle stream. (Graphic elaboration by S. Caranzano).

14.
Graphic survey and hypothetical planimetric reconstruction of the foundation device of the Tower of the Balivi in Aosta (from Bertarione, Joris 2013, p. 26).

15.
Excavation phase of the foundation trench with mortar conglomerate and travertine flakes at the base of the Tower of the Balivi in Aosta (from Bertarione, Joris 2013, p. 24).

16.
Andesite sundial from the Daco-Roman period (1st century BC, 1st century AD) at the federal sanctuary of Sarmizegetusa Regia in the Orăștie district (photo M. Crosta).

Image p. 82:
L'arco onorario di Donnas (AO) inquadrante il Becco di Nona (2085 m) al confine tra la XI regione augustea e la provincia delle Alpi Pennine (foto di Sandro Caranzano)

in orientem, sicut in agro Campano qui est circa Capuam.

2. Vitr. De arch. I, 10: "Ma bisogna anche conoscere la disciplina medica per gli aspetti del cielo che i Greci chiamano κλίματα, e per la salubrità o meno dell'aria e dei luoghi, e per l'uso delle acque; senza questi calcoli non può darsi un'abitazione salubre".
3. Frontino writes: "È ottima e razionale dunque la co- stituzione di campi i cui decumani sono condotti da est a ovest e i cardini da sud a nord. Molti seguendo il mutabile levarsi e il calare del Sole variarono questo principio. Così è stato fatto in modo che i decumani fossero rivolti dalla parte in cui il Sole, nel momento in cui la misurazione fu effettuata, sorgeva" (L. 31.1).
4. In particular: i) atmospheric refraction, a highly uncertain factor, as there is no analytical function linking altitudes with atmospheric parameters; ii) human error in observing the solar limb, which is approximately 3 arc minutes (the human eye can perceive a distance of about 1 arc minute with the naked eye); iii) different elevation profiles of the hill affecting the astronomical horizon (e.g., variations in tree density) and the presence of peaks along the line of sight; iv) uncertainty in the gromaticus's position along the decumanus; v) potential parallax errors.
5. It should be noted that the True Sun provides a certain variability, albeit cyclical, of the years associated with the presumed date for the foundation of the city, whereas the day can also be dedicted by the mere application of the so-called Mean Sun. The latter case requires, however, the necessary consideration of the equation of time.
6. It is plausible that the augural discipline considered the founding of a city to coincide with the winter solstitial period and the months that follow, when the Sun, having reached its lowest course, begins to broaden its arc, the days begin to lengthen, and we prepare for the awakening of nature (rather than in the autumn period, when the days tend to grow shorter and shorter). In any case, since knowledge of the Etruscan discipline is largely lost, we have relied on known cases.

Ancient skies of Campania: the Pleiades and their stories about urbanisation, agrarian rites, and calendars

Ilaria Cristofaro

Key words
Campania
Urbanisation
Skyscape
Orientation
Calendar

Introduction

Athenaeus of Naucratis (2nd-3rd cent. AD) in his work the *Deipnosophistae*, or *The Dinner Sophists*, discussed about the presence of the mythical cup of the hero Nestor at the Temple of Diana Tifatina at *Capua* in Campania, South of Italy (Ath. *Depn*. XI, 466d-e; 489b). The mythical cup was already cited in the *Iliad*, where Homer described its magnificence and splendour (Om. *Il*. XI, 632-637). According to the myth, the cup was used to drink wine mixed with barley and grated goat's cheese. Athenaeus discussed several interpretations, among which that by Asclepiades of Myrlea (2nd-1st cent. BC), for whom the cup was a representation of the *kosmos*. Indeed, in the silver vault of the cup, golden studs were placed recalling the night sky. Six *peleiades*, literary meaning "doves", were said to be decorating the cup, and Asclepiades. Indeed, since Myro of Byzantium (end of the 4th-beginning of the 3rd cent. BC) the *peleiades* mentioned by Homer, the carriers of ambrosia for the child Zeus, were interpreted as the group of stars in the constellation of Taurus, *The Pleiades*. According to these exegetes, the doves peleiades and the stars Pleiades were regarded as equivalents (Ath. *Depn*. XI, 490e ss.), even though the direct observation of this asterism in the sky can be dated far back in time, at least to the period of Hesiod (8th cent. BC). Returning to the cup, Athenaeus explained the presence of these stars by emphasising the relationship between the annual movements of the asterism, with their role on fixing the time for cereals harvesting and ploughing, and the beverage within the cup, the kykeon, which among its

components it included barley (Ath. *Depn*. XI, 490b, 492d). This story brings us back to a specific time and place, which is ancient Campania, the context of the present research. The area was regarded as the location of mythical narratives, such as the Gigantomachy and the journey of Odysseus. But here, the focus is on the importance of astronomical observations in antiquity, in particular, on the role of the Pleiades asterism in the definition of time and space, as it could have been regarded by the inhabitants of ancient Campania, such as by its architects, agrimensores, farmers.

In order to investigate ancient astronomy, the methodological approach is based on the archaeological and topographical study of towns' orientations. This method follows a long-lasting tradition of studies questioning if and how an urban planimetry or design might have been constructed as a reflection of the cosmos (Nissen 1869; Lynch 1960; Caliò 2020). One way this could be performed, as witnessed by late antiquity written sources, is by following the rising sun at the horizon as a practical point of reference: given its regularity and periodicity, with the "east" moving according to the seasons, the solar disk was sighted as target to trace the axes of territorial division (Prosdocimi 2009). Therefore, in this research urban design is investigated as an extension of landscape and skyscape, and interpreted in the wider socio–anthropological context of ancient Campania, including some suggestions induced from ethnographical accounts. The sky, not only defined directions in the territory, but was a regulator of time for organising agricultural activities and ritual calendars. For the above-mentioned reasons, the celestial realm was a fundamental element of everyday life in antiquity, even though its importance is only poorly understood by scholars in the study of the ancient world.

This contribution starts by introducing the urbanisation of the region, starting from the 8th cent. BC with the progressively empowered Etruscan and Greek components, to the genesis of the Campanians' ethnos in 438 BC, until the Romanisation around the 3rd cent. BC. The chronological range of the present study is set between the Late Iron Age in the 8th to the start of the Hellenistic period in the 3rd cent. BC. The geographical area of study is circumscribed to ancient Campania, as defined by the Late Imperial historiography (Diod. XII, 31 1; Liv. IV, 37 2), limited from the river *Vulturnus* to the Sorrentine peninsula [fig. 1]. In the main body of the chapter, the details of the methodology are outlined, introducing the acquisition of orientation data and the statistical analysis of the sample of the 14 settlements. Finally, the discussion deals with a possible interpretation of the results, contextualising the role of the Pleiades according to calendric evidence and agrarian rites in the region, also considering the driving socio-economical activities, mainly cereals production and exportation.

Context. An outline of the urbanisation of ancient Campania

A new settlement paradigm progressively developed in the Italian peninsula starting from the Iron Age (9th cent. BC), characterised by proto-urban centres and sparse villages. In particular, in the proto-urbanisation of Campania, two main groups can be recognised, with the Villanovian ambit at Capua and Pontecagnano, and the Fossakultur *facies* at Cuma, Pompeii, and Nola, as evident from the funerary goods and practices (Cerchiai 2019, p. 11). The synoecism tendency of aggregation of disperse villages into a single urban centre become evident from the end of the Iron Age. In the Orientalising period (7th cent. BC), towns are consolidated realities in the region, as recorded by the archaeological evidence for several contexts. For instance, the foundation of Pompeii is placed between the 7th and the 6th BC, drawing together several villages of the Sarno Valley which were progressively abandoned. At the time, in the most advanced regions of the Italian peninsula, the Po Valley, Etruria, Latium, Campania as well as Magna Graecia and Sicily, autonomous city-state were present (Cerchiai 2019, p. 12). The urbanisation process includes a definition of public and monumental spaces, such as the building of great sanctuaries which brought together local and foreign artisans, whose mobility fostered a shared and diffuse knowledge of uniform architectonic and decorative models.

By the end of the Archaic period (end of the 7th-beginning of the 5th cent. BC), the new urban foundations in Campania are organised by following a precise regular design, often orthogonal. The acme of this urbanistic model is represented by the Greek foundation of *Neapolis* (525-500 BC), which also marked a political turning point in the history of the region. The urban morphology of the town is rationally organised according to specific geometrical rules, even though the choice of its orientation has not been fully explained yet (Longo & Tauro 2017). During the Classical Period (beginning of the 5th-4th cent. BC), a long silence is evident form the archaeological stratigraphy, as followed by the battles of *Cumae* (524 and 474 BC) between Etruscans and Greeks, with the latter proclaimed winners but politically loosing strength in the region. In such post-war period of uncertainty, the Oscan speaking populations acquired the power over many towns in Campania, starting from its capital, Capua, which is the centre of the progressive ethno-genesis of Campanians, fixed by the sources around 438 BC (Diod. XII, 31.1; Liv. IV, 37.2). *Cumae* became a Campanian town starting from 421 BC, whereas *Neapolis* maintained its Greek institutions although accepting some Oscans *dēmarchoi* within its inner political structure, avoiding taking part to the political attrite created in the Campanian plain by keeping a neutral position. Moreover,

1.
The study area: ancient Campania and its towns (from Rescigno & Senatore 2009).

the *Neapolis* mint started the production of coins with the "Kampanos" ethnos, a unitary monetary system diffused in several towns of Campania and testimony the new socio-cultural and political equilibrium of the region (420-380 BC). This economic stability was sustained by the mercenary phenomenon and the production and the exportation of cereals. The coinage of the first silver didrachms at Neapolis was interpreted to serve the exchange with Attica and Athens, where the surplus of cereals was mostly sent to. Moreover, the "symbol" on coinage, being the offspring of a precise institutional choice, witnesses the importance of the agricultural activity: from this period, the Campanian coins only depicted the "grain symbol", evidently an explicit declaration of the identarian nature and main subsistence mean of its community (Cantilena 2009, p. 153).

In this context, it should be pointed out that the urbanisation process of ancient Campania was not restricted to the towns but extended towards the countryside. Archaeological evidence of a pre-roman ordered regulation of the territory was brought to light nearby *Acerrae, Suessula, Capua* and at Pontecagnano (De Caro 2002, p. 136). This evidence includes ditches, swamp reclamation, channels, which are directly connected with the urban layout, often by sharing the same orientations. According to the analysis by Luca Cerchiai, the rationalised organisation of the countryside is a direct outcome of urbanisation and the increasing demographic growth which carries along (Cerchiai 2019, p. 12). For Stefano De Caro, it existed an extensive agricultural system based on cereal productions, with a centralised production and redistribution hub (De Caro 2002, p. 136). Indeed, from the 5th cent. onwards, it is clear that *Neapolis* acquired that central role, with its harbour node, where cereals exportation alternated to the importation of Attic-produced luxurious vases for the Campanian élites. Ancient sources recall that welfare and the extraordinary fertility of the plain, *eutarkia*, with its favourable environmental and soil conditions (Minoja 2012, pp. 466-467). According to some scholars, the evidence of a systematic and planned organisation of the land can be chronologically set starting from the last quarter of the 6th cent. BC (De Caro 2002, p. 136). It was during the first part of the 2nd cent. BC that the *ager campanus* was completely re-oriented in the process of reorganisation of the area with a centuriation directed in axis with the cardinal points (Monaco & Clavel-Lévéque 2004). Remanent traces of this centuriation are nowadays still well visible in the territorial division, especially in the area around *Capua*. In summary, the importance of the countryside, as an extension and prolongation of the urban life, is a fundamental part of this contribution, and central to the following argumentations on the role of the Pleiades and the sky in ancient Campania.

Topographical and Astronomical Orientations

The present investigation has considered the topographical placement of few towns in respect to the landscape and skyscape. Indeed, most of the times the orientation choice of a planned settlement was not causal, but dictated by a precise rationale, whether to fulfil functional or ritual needs. Thus, the orientation of a town materialised on the ground reflects such rationale, and it is the expression of a precise way of planning the space to be inhabited (Rosada 1991, p. 90). It can be pointed out that it is exactly in that passage from proto-urbanisation to urbanisation that it is possible to read a gradual transition from an undefined world to a defined one: the continuous indistinct reality is divided, in spatial terms, with territorial planning and, in temporal terms, with the definition of calendars (Lombardi Satriani 1984, p. 177). According to Luigi M. Lombardi Satriani, to fix reference points in time and space is a necessary condition for the human being to live in the world (Lombardi Satriani 1984, pp. 178-179). But, to this argument, it can be added that the natural world is already neatly organised accordingly to patterns, first of all, the recurrent and ordered movements of the celestial bodies. The sky, indeed, is the only element of nature, that is regular, precise, predictable: it cyclically returns exactly in the same way, and it is stable in its mutable changing of light and darkness, turning seasons and days. Instead, the terrestrial world, vegetal and animal, marine and meteorological, can be subjected to unpredictable and sudden mutations. The celestial factor is therefore a fundamental source of information to fully understand the ancient thought and its material expressions, such as those complex socio-cultural systems which are towns.

The research sample comprehends 14 towns of ancient Campania. The enquiry started from the investigation by Carlo Rescigno e Felice Senatore on the same case studies, here expanded with the methodological tools proper of the discipline of archaeoastronomy and skyscape archaeology (Rescigno & Senatore 2009). The investigated towns are *Capua, Calatia, Suessula, Acerrae, Atella, Abella, Nola, Kyme, Neapolis, Herculaneum, Pompei, Nuceria, Stabiae*, and *Surrentum* [fig. 1]. Although the sample is heterogeneous, both regarding the ethnicity of the foundation as well as the reliability of the archaeological emergences, the towns show a uniformity in terms of their orientation (Rescigno & Senatore 2009, p. 426). Indeed, all the investigated towns had a regular design, that means they have been built according to an orthogonal grid, or at least, an almost orthogonal one [fig. 2]. It is exactly for this reason that was possible to extrapolate the urban orientation data: for this purpose, the urban plan can be simplified into a geometrical shape, a crux, with topographically oriented axes. In this way, the urban morphology

2.
Street layout of Archaic Capua (Siepone neighbourhood) with the georeferenced plan (Sampaolo 2008, 475) superimposed on LiDAR DSM 1m resolution with Local *Dominance Relief* Visualisation (elaborated by the author).

can be expressed into 4 orthogonal azimuth values, or angles spanned clockwise from Geographical North, each value within a quarter of the horizon, centred on east, south, west, and nord[1]. Among those values, only the eastern quarter (between 45°-135°) was subject to statistical analysis to simplify the comparison [fig. 3]. Indeed, in regard to territorial organisation, the heliacal east, as the location of sunrise, was the preferred direction for sighting the sun as cited by the sources (Prosdocimi 2009, p. 725). According to Hyginus Gromaticus, "[p]osita auspicaliter groma, ipso forte conditore praesente, proximum vero ortum comprehenderunt, et in utramque partem limites emiserunt", that is "[w]hen the groma had been positioned after the taking of the auspices, perhaps in the presence of the very founder himself, they sighted the next sunrise, and established limites in both directions" (Hyg. Grom. *Cons. Lim*. 170, 5-8 L.). Similarly, for Frontinus it was common that "*decumani* faced from the part (of the heavens) where the sun was rising at the time when the survey was carried out", "ut decimani spectarent ex qua parte sol eo tempore, quo mensura acta est, oriebatur" (Front. *De Lim*. 31, 5-7 L.). Moreover, for the present research question, statistical analysis, which would have employed the other orthogonal directions, would bring exactly to the same results. The azimuth value of orientation was measured on archaeological emerging structures (such as houses' walls and roads), evident from the cartography attached to excavation published reports [fig. 2]. The diachronic reading of the archaeological remains focused on those structures coeval to the foundation act, when the urban plan was designed and planned. The azimuth value was measured with the Geographic Information System (GIS) plug-in *Azimuth Measurement* on 1m resolution DSM from LiDAR database[2], as well as on the published excavation cartography extrapolated in raster format and georeferenced on the same GIS environment. In order to enhance the visibility of the digital elevation model, some filters from the *Relief Visualisation Toolbox*, developed for a better analysis of LiDAR data, were applied (Kokalj & Somrak 2019) [fig. 2].

Cities are not isolated neither abstract entities, but they are fully immerse within a landscape, which is site specific for each case study. For the present research question, it is important to remind that the visible part of the sky vault is inversely proportionate to that skyline mask created by the visible mountains surrounding the horizon. Thus, it become necessary to measure that mask, for each azimuthal direction, starting from the centre of the town – that is the hypothetical meeting point of the two main streets – to assess the exact position of rising of celestial bodies. Therefore, for each town, the visible landscape has been digitally built with the software *Horizon*, after data from SRTM 30m DTM (Smith 2020) [fig. 4]. In brief, after the azimuth value was measured as the angle spanned on the horizontal plane, the altitude of the skyline – being the angle spanned on the vertical plane on the celestial sphere – was acquired. Both values, azimuth and skyline altitude, were converted into a single value, the declination [tab. 1], as it is typical of the archaeoastronomy method to compare quantities from different locations and extrapolate orientation patterns (Ruggles 2015, p. 461).

With the use of statistic, the objective is to understand whether some orientations are significant and to estimate if they correspond with relevant astronomical events that might have been important in that specific historical and geographical context outlined above. As shown in table 1 for each town a single coordinate of the celestial sphere was attributed – the declination –, based on its eastern orientation and the correspondent skyline altitude. Declination values for all fourteen case studies were analysed and visualised in a curvigram, according to a normalised Gaussian frequency distribution [fig. 5] (Gonzalez-García & Šprajc 2016; Rodrìguez-Antòn 2017, pp. 29-30). Such elaboration allows to identify any statistically significant values in respect to a uniform distribution, although the present sample is relatively small (Polcaro 2016, p. 4; Silva 2020, pp. 5-6). Nevertheless, it is common practice to evaluate as statistically significant only those results which shows a confidence of non-casual probability above 98%, or technically speaking, above 3σ (Schaefer 2006; Rodrìguez-Antòn 2017, p. 33). In the analysis, the only orientation value which shows such statistical confidence (above the red dotted line) is that corresponding to the declination around +18°, suggesting that the distribution in not random [fig. 5]. However, the peak shows a broad dispersion, which might be interpreted as a solar orientation during a whole season. Thus, at that point in the sky, the sun would have been seen rising at the time of late spring/early summer (*circa* 40 days before summer solstice), and specifically, at the time of the Pleiades heliacal rising. In alternative, from an archaeoastronomical perspective, as second option it should be considered also the period corresponding to 40 days after summer solstice, around the beginning of August, with the heliacal rising of Regulus, in the constellation of Leo. However, the cultural importance of the Pleaides in ancient Campania is more consistent than that of Regulus and, therefore, here the discussion will focus only on the first interpretation.

Discussion on a possible role of the Pleiades in Campania

In the heterogenous world of ancient Campania, it is Capua and its Etruscan aristocracy which was the driving force in the urbanisation of the region. Its

3.
Polar plot on the orientations of cities in Campania from the 8th to the 3rd cent. BC (elaborated by the author).

4.
Landscape and skyscape visibility from Capua in the Archaic period (elaborated by the author with Horizon© Andrew Smith 2020).

5.
The peak of the statistics based on the declination of towns in Campania points at the position of the sun at the time of the heliacal rising of the Pleiades (elaborated by the author with Python script (Spider v.5) written by A. César González-García and Andrea Rodríguez-Antón).

hegemonial role is evident at least starting from the mid of the 7th cent. BC (Cerchiai 1995, pp. 99-104; d'Agostino 2011, p. 77). Thus, the first results of this research can be exposes by starting from *Capua*, from where it is realistic to imagine that such common orientation system was diffuse. The archaic town, with the neighbourhood of the Siepone [fig. 2], is oriented similarly to the directions traced by the main coeval peri-urban and extra-urban sanctuaries: Fondo Patturelli and Diana Tifatina [fig. 6].

The neighbourhood had regular axes although not exactly orthogonal, with an azimuth of 75° (±2°) towards eastern sector of the sky. A similar orientation can be read at *Suessula* and *Abella* in the inner part of Campania, as well as in the Sorrentine peninsula at Stabiae e Sorrentum [figg. 1, 3]. All these towns shared a common Etruscan-Italic ethnicity. Also, the orientation of *Neapolis* has a nearly similar orientation to those just mentioned, even though with a difference of *circa* 10° (azimuth 66°): different factors might have played a role in shaping the morphology of the town as recently outlined (Longo & Tauro 2017). Surely, it is not possible to give a single univocal explanation for justifying the choice of towns' orientation in the complex cultural scenario of ancient Campania. Nevertheless, an interesting clue for interpreting such data is provided by the cultural role of the Pleiades in ancient and modern contemporary Campania, as remined by recent ethno-astronomical studies.

In ethnographical and anthropological accounts of Campania, the Pleiades are the object of several stories and tales. Not coincidentally these stars form one of the most important asterisms of the celestial vault, marking seasonal change and timing agricultural activities. For instance, Domenico Ienna (2019) gathered folkloric knowledge of the sky in the Cilento area (province of Salerno, southern Campania), chronologically set between the end of the 19th-20th cent. AD. Within his research, Ienna emphasised the story of "the tearing fairies", maidens belonging to the uranic-atmospheric realm and identified with the Pleiades after their number – six or seven – and their ability of influencing meteorology and seasons (Ienna 2019, pp. 482-485). Moreover, according to Di Mauro, the "symbology of these fairies... is essentially agrarian and cereal-related" (Di Mauro 2007, pp. 68-69). Furthermore, the Pleaides could be identified in the local devotional cult of Black Madonna, which widely extends over Campania, Molise, Basilicata, and Puglia, and it is also named the cult of the seven Virgins or seven sisters (La Greca 1990, p. 104; Lapenna 2000, pp. 53-55).

Going back to the literature sources coeval to the foundations of the Campanian towns, the Greek poet Hesiod, in his *Work and Days*, narrated the importance of the seasonal phases of this asterism for the rural activities of Boeotia in the 8th cent. BC. He mentioned that around the end of October and the beginning of November, the morning setting of the Pleiades marked a fundamental activity of the agrarian year: the ploughing. Since that moment in the year, navigation was advised against all along winter, due to rain and Boreal winds (Coppola 2010). The Pleiades were well visible in the night sky until March, around 10 days after the vernal equinox, when, after their achronycal setting the asterism become invisible for 40 days. They returned visible at the beginning of May, with their heliacal rising, that is when they were seen rising just before dawn. This happened exactly around 40 days before summer solstice, around the season of late spring or early summer. It is in the direction of the local position of the rising sun in this season that most of the Campanian towns are oriented to. This time in the year corresponded to the season of the first harvesting, or "when first you sharpen your sickle" (Hes. *Op.* 383-384). Possibly, this time of the year corresponded to the flowering of the spelt spike, yet without matured grains, but which was collected by Vestal virgins to produce the "mola salsa", a salted flour ritual recipe used in Archaic Rome and Italy for sacrifices (Prosdocimi 1991; Sabatucci 1988, pp. 204-205). Also, Latins called the Pleiades as *Vergiliae*, that means "addressed to spring" (Cattabiani 2015). In the Celtic world, an important agrarian festival in the same seasonal time was "Beltane" (Cattabiani 2008, p.142). At Athens and in Attica, this same period corresponded to the celebration of "Thargelie", a purification festival when a scapegoat, or *pharmakos*, was left running around the towns walls and a ritual feast was consumed in honour of Apollo to propitiate the future harvesting (Graf 2016).

In Campania, and specifically at *Capua*, a written record of the Etruscan calendar is the Tabula Capuana, written around 470 BC, where its uncertain inscribed lines might evoke similar spring festivals (Cristofani 1995). It must be pointed out that the Capuan calendar is lacking any univocal interpretations, in terms of divinities' sphere of action and the location of celebrations. However, within this extraordinary piece of record, a goddess named *Leθam* is recalled several times during the vernal months, possibly related to the sphere of agrarian and human fertility (Cristofani 1995, p. 120). In this context, Mauro Cristofani also recalled the information given by Livy regarding a nocturnal and spring festival celebrated at the local federal sanctuary of *Hamae* (Cristofani 1998, p. 172). Furthermore, the scholar, in a long *durée* analysis of festivals in Campania, cited a *feriale* from *Capua* dated back to the 4th cent. AD, remembering that on the first of May a crops *lustratio* was celebrated at *Casilinum*, fluvial port of *Capua* on the river Volturno (Cristofani 1998, p.

6.
Archaic orientation system (in red) including the Siepone neighbourhood, the Fondo Patturelli sanctuary, the Diana Tifatina temple, and other traces of this system (elaborated by the author with QGIS).

7.
On the top, the Pleaides in their heliacal rising in early summer as seen from Abella; bottom, the sun rising a few hours later in the direction of the urban system of Abella, towards 75° azimuth (elaborated by the author using Stellarium v.22.2).

8.
Cumae's Temple A antefix, interpreted by Rescigno (2006) as the Pleaides asterism (Krauskopf 1992, tav. 78.5).

Image p. 96:
Novilunio di marzo e primo giorno del calendario arcaico dal santuario di Diana, Capua antica (foto dell'autrice).

169). This evidence suggests that in Campania an agrarian rite was celebrated around the season when the Pleaides asterism returned in the sky with their rising anticipating dawn [fig. 7].

In the current fragmentary state of art on the role of the Pleiades in Campania, a further insight may be drawn from the analysis by Georges Dumézil, *Le Festin d'Immortalité: étude de mythologie comparée indo-européenne*. There, the French scholar highlighted common elements among several cultural groups by tracing the origin of the mythological cycle of ambrosia, the immortality nectar, and expressed in a spring festival to enhance a long, healthy, and happy life among their communities (Dumézil 1924, p. 89). As recalled in the "Introduction" of this chapter, in Homer the *peleiades* were the carriers of ambrosia for child Zeus (Om. *Od.* XII, 62–65; Ath. *Deipn.* XI., 491). However, it is not clear why, in the Greek world, were the *peleiades* attributed to this special role. According to Dumézil, such lack of information may be traced back to a faraway tradition, somehow lost in its details among Greeks, as evident in the substitution of the ritual beverage corresponding to the mythical ambrosia: originally, it was a cereal fermented drink, but in the Greek world it was replaced with wine (Dumézil 1924, pp. 90, 282-283). Among the several variations of the myth in the Greek world, according to the Orphic tradition, it was Demeter, the goddess of agriculture, who originally created the ambrosia (Proc. Crat. 168; Dumézil 1924, p. 104). Moreover, the immortality nectar was the object of a dispute between gods and giants/titans, which developed into a Gigantomachy or Titanomachy (Dumézil 1924, p. 108). These mythological scenes were represented on Temple A at *Cumae* (end of the 4th and the beginning of the 3rd cent. BC), on the same temple where were found roof decoration terracotta antefixes which might have depicted the Pleiades and the carriage of ambrosia [fig. 8]. To interpret this temple roof decorative cycle Carlo Rescigno (2006) traced a comparative analysis with similar antefixes representing the Pleiades, or the Hyades, spread among Etruria and Latium at the beginning of the Hellenistic period [fig. 8].

Finally, in Rome and Latium, the ambrosia was personified by Anna Perenna (Dumézil 1924, p. 126). Ovid wrote that, during the festivity of Anna Perenna in March, during the Ides of the first month of the year, men and women asked for so many years of life as the number of glassed they drank, almost counting till the years of Nestor or of the Sybil, both emblems of immortality (Ovid. *Fast*. II, 523-540). This passage enables us to recall back the cup of Nestor cited by Athenaeus at *Capua* (Ath. *Depn.* XI, 466d–e; 489b), where the hero used to drink wine mixed with cereals and cheese, maybe an allusion to the ambrosia nectar and the immortality of the hero. It may be not a casualty that cup was decorated with the Pleaides, symbol of the perpetual re-generation of spring, asterism which marked the agrarian time and related festivals in Campania, and not only there.

Conclusion

The present contribution aimed to investigate the importance of the celestial vault in the world view of the inhabitants of ancient Campania, as expressed through the forms of urbanisation, agrarian rites, and calendars. This research considers topographical data of urban orientation, as evinced from the planned, regular, and orthogonal design of Campanian towns. It aims to the recognition of the rhythms of seasonality and local ritual calendars in relation to the movements of the sky. After the introduction, a section is devoted to the historical context on the development of urbanisation illustrating the first regular and planned towns starting from about the 7th cent. BC, with an insight on the role of the countryside within this phenomenon. In the methodological section, the sample of cases study is described, comprehending 14 towns and their adaptation to the landscape and skyscape. Azimuth data are derived from LiDAR DSM and excavation cartography, focusing on the eastern direction of the urban streets and their quantitative deviation in respect to the cardinal points. The statistical analysis on azimuth and declination values allows to isolate with confidence any significative values: five towns are found sharing the orientation azimuth of 75°, corresponding to the declination peak of +18°. Such results, which point to the position of the rising sun ±40 days from summer solstice, may be interpreted in relation to the season of the heliacal rising of the Pleiades. In Campania, the asterism was cited in literary sources on mythical narratives regarding Nestor's cup, as well as these stars may be recognised in the antefixes decorating temple roofs of Campanian Hellenistic temples. Such evidence may be referrable to the cycle of fertility of crops and communities, with the movement of the Pleiades ordering the temporal rhythm of nature and marking spring festivities, also possibly connotated within the myth of ambrosia. The sky was the great clock, regulating seasons, fertility, and the whole subsistence of urban communities living in ancient Campania.

Credits and Acknowledgements

I would like to give my sincere thanks to Prof. Carlo Rescigno for giving me the opportunity of investigating the question on the orientation design of towns in ancient Campania with an archaeoastronomical and skyscape approach. This research was part of a doctoral project (2019–2023) carried out at Capys Lab., at the Department of Literature and Cultural Heritage, University of Campania "Luigi Vanvitelli".

Notes

1. In order to extrapolate orientation data for more complex urban grids, such as in Pompei, where more than one orientation for a single direction is present, a polar diagram was built to highlight prevailing directions.
2. LiDAR data were provided by the Italian *Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare*.
3. The value is undetermined due to the unknown shape of the Mt. Somma-Vesuvius volcanic complex before 79 B.C.

Where Cosmography and Topography meet: Three Roman Skyscapes between High Renaissance and Mannerism

Giangiacomo Gandolfi

Key words
Renaissance Art
Cosmography
Topography
Astrology
Archeoastronomy

Introduction

In recent years landscape archaeology and archeoastronomy, young academic disciplines at the interface of humanities and science, have met in the field of skyscapes studies, analysing the complex relationships between natural or artificial landscape and sky in ancient cultures, with the aim of understanding how people interpreted, modified and used the environments around them. Such intricate and abstract interplay of shapes, symbols and lights condenses on the horizon, revealing along the skyline systems of beliefs and forms of knowledge that oscillate between the sacred and the prophane. As Fabio Silva summarizes,

"Skyscapes extend this [the study of landscapes/ seascapes/ waterscapes] upwards to encompass the heavens and the celestial bodies and how they relate back down to human beliefs and practices, to their notions of time and place, to their structures and material remains. The thread that unites all of these "–scape concepts" is that they refer to an ensemble of interlocked components, each taking its meaning from its position within the ensemble"[1].

A similar approach may be adopted in the realm of Cultural Astronomy for the Western Civilization at the end of the Middle Age, in an epoch of renewal of Art and Science that never ceased to converse with the Heaven above: the Renaissance. In the present essay I will try to show how the Roman Skyscape and Landscape intermingle at the beginning of the XVIth century in two celebrated monuments rarely associated to the Cosmos, a couple of architectural artefacts able to demonstrate a sophisticated level of integration between the sky, the surrounding geography and the urban planning of the Eternal City. These elegant and disguised cosmographies – the one in the extraordinary *Stanza della Segnatura* in the Vatican conceived by Raphael, and the other in the celebrated *Loggia di Galatea* in Villa Farnesina designed by Baldassarre Peruzzi - combine and mirror a landscape charged with sacred and historical symbolisms with the temporal dimension of the skyscape that surrounds them and create a vivid and ordered model of the Cosmos that encloses the observer. In particular, the former is located at the very centre of Christianity, in the Apostolic Vatican Palace, with the walls decorated by four frescoes oriented in harmony with both the decorations of the vault and the skyline of the city, while the third spatial axis points towards the sky. In fact, the celebrated *Allegory of Astronomy* that reads with astonishment a portion of her celestial globe, is actually looking at the meridian (near the astrological *Medium Caelum*) at the moment of the election of the Pope. This calendrical indication integrates the cartographic reading encapsulated at the core of the Julian *Renovatio Urbis*, strongly locating the cosmography in time and simultaneously celebrating the new Golden Age inaugurated by the Della Rovere Pontiff. Likewise, the entire Villa Farnesina, conceived approximately in the same years, locates the suburbanum of Agostino Chigi in the Ancient Rome of the Planetary Gods and the *Loggia of Galatea* displays on its oriented vault the nativity of its owner, reflecting carefully the real sky over the Villa and transforming the building in a solidified, personal horoscope, at the same time conversant with the Urbs and the Classical world it embodies. Such models, albeit different in language and objectives, incorporate indeed a narrative of centrality and empowerment of their patrons on the grandest scale – both for Julius II and his banker[2]. In the end, I will add evidence for a reprise in a minor scale of such cosmographic projects in the Eternal City at the end of the XVIth century, considering as a third case the Padiglione in Villa Medici's gardens that contains the so-called *Stanza dell'Aurora*,

painted for Cardinal Ferdinando by Jacopo Zucchi in 1576-77. The small studiolo orientation towards the Roman horizon and skyscape, in fact, is mirrored in the internal decorations, emphasizing the mythical and historical landscape as well as the celestial blessings that the sky prepared for the future ruler of Tuscany according to the courtier-astrologer Pietro Angeli aka Bargaeus. This cosmography alludes clearly to the model of Villa Farnesina with its astro-mythological language and to the *Stanza della Segnatura* for the overlapping of multiple meanings. Its modest scale, however, and the secluded and introverted character more than the insistence on prophecy and astral divination (unaltered during the whole century), qualifies the project as typically post-Tridentine, a waning shadow of the past glories of the High Renaissance.

Raphael's *Stanza della Segnatura*: a cosmographical *mise en abyme*

The *Stanza della Segnatura* was the first of the rooms decorated in the apartment of Julius II in the Vatican Apostolic Palace[3] [Fig. 1]. The Pontiff commissioned the work first to Perugino and other artists, then to Raphael, and the *Stanza* was painted between 1508 and 1511, "*ad praescriptum Julii Pontificis*" according to Paolo Giovio. The iconography of the room celebrates Humanistic culture, depicting on the walls *The Disputation of the Holy Sacrament*, *The School of Athens*, *The Parnassus* and *The Cardinal Virtues above Justinian promulgating the Pandectae and Gregory IX receiving the Decretales*, in order to represent theology, philosophy, poetry and law. The vault reflects the same themes with tondos and panels in calculated correspondence to the main frescoes and one of the scenes is the celebrated *Urania* or Astronomy contemplating the celestial sphere. Stefano Pierguidi (Pierguidi, 2010) proposed that originally the *cubiculum* should have been painted by Giovanni Bazzi called Sodoma and by the dutch cartographer Johannes Ruysch, according to a different plan: a chamber where the world was described with the help of maps and with a reference to the four elements and to planets and constellations in the program of the vault. Such a reference still survives not only thanks to the accommodating and conciliatory character of Raphael mentioned by Vasari when illustrating his turnover in the *Vatican Stanze*, but also in order to maintain – *mutatis mutandis* - an underlying cosmographic program. On the other hand, at the end of the Seventies Rash-Fabbri (Rash-Fabbri, 1979) noticed that the portion of sky below the figure of Astronomy is that around the meridian at the time of the election of Della Rovere (31st October 1503,19:50, as attested by *Dispaccio Giustiniani* 612), a fact that establishes a temporal coordinate for the representation and links the celestial mechanisms of Astrology to the Divine Providence (Gandolfi, 2014) [Fig. 2]. The subtext is clear: a new era of Justice with Virgilian overtones (after the age of Borgia's corruption) was inaugurated by Julius as a second Augustus with a transparent allusion to the theme of the saturnian Golden Age. More recently, following a suggestion by Manfredo Tafuri (Tafuri,1984), Christiane Joost-Gaugier (Joost-Gaugier, 2002) and Nicholas Temple (Temple, 2011) fully developed the idea that this new Julian Age could be anchored topographically to the Roman horizons beyond the frescoes of the *Stanza*, reflecting at the same time the Renaissance Cosmos and the new plan of the city devised by Bramante[4]. *The Disputation* and *The School of Athens* are in fact oriented approximately along the liturgical West-East axis, with the opposed vanishing points of both perspectiva towards the couple Plato-Aristoteles and the monstrance of the altar and at the same time towards the Vatican Library and the Basilica of St Peter, uniting Greek philosophy and Western Trinitarian theology. On the other axis, *The Parnassus* faces the North, the papal gardens and Tuscany while *The Virtues* are oriented towards South-East[5], where the new Roman tribunal begun by Bramante and Egypt, the birthplace of Law, lies in the distance [Fig. 3]. Hence the room may be tentatively seen as a Microcosm at the centre of Christianity, encapsulated recursively in a stratified Macrocosm: the Earth in the clockwork of the Ptolemaic Universe indicating the moment of the election of Julius; Rome in the Oecumene surrounded by the ancient wisdom of Egypt, the rational heritage of Greece, the superiority of the western Church and the primordial seat of Etruria; the papal Palace encircled by the *Palazzo dei Tribunali* in Via Giulia, the Vatican Library founded by Sixtus IV in the eastern wing, the work in progress of the Saint Peter Basilica in the West and the northern Belvedere Gardens. Finally, superposed to these more or less distant horizons, the scenes of Raphael allegorize and disguise the whole philosophical and moral cosmography that includes the observer and the Pontiff at the centre of the room. All in all, a magisterial and dizzying *mise en abyme* of the entire Renaissance Culture.

Peruzzi's *Loggia di Galatea*: a pagan dialogue of Skyscape and Landscape

The celebrated Villa Farnesina in Rome, the elegant XVIth century retreat of the Sienese banker Agostino Chigi, built along the Tiber and frescoed by Raphael and Sebastiano del Piombo, is a masterpiece of Renaissance Art renowned for its paradigmatic astrological vault [Fig. 4][6]. The astral decoration of the *Loggia di Galatea*, painted by the architect of the building Baldassarre Peruzzi in 1511, have been studied during the XXth century by iconolo-

1. Raffaello Sanzio *The Stanza della Segnatura* in the Vatican Apostolic Palace, Vatican City, 1508-11. (Photo credit: Wikimedia).

2. Raffaello Sanzio. Astrology showing the sky over the election of Julius II. In *Stanza della Segnatura*. Vatican Apostolic Palace, Vatican City, 1508-11. (Photo credit: Marie-Lan Nguyen, Public Domain, https:// commons.wikimedia.org/w/index).

3. The oriented cosmography in the *Stanza della Segnatura*. (Photo-composition by the author).

4. Baldassarre Peruzzi. *Astrological vault of the Loggia di Galatea*, 1511, fresco. Villa Farnesina, Rome. (Photo credit: Wikimedia).e

gists of the calibre of Aby Warburg and Fritz Saxl (Lippincott, 1991), and its horoscopic nature has been proven on the basis of the baptism of Chigi (Rowland, 1984). While the date of birth and the corresponding planetary positions represented in the *Loggia* are certain and confirmed, many equally consistent scenarios have been proposed for the time of the horoscope[7]. Some years ago I have shown, on the basis of the orientation of the Eastern façade of the Villa where the *Loggia* faces the gardens (at an azimuth of 66.4°+/-0.1° corresponding to the point where 18° *Tauri* rises) and of the congruence of the planisphere traced on the vault with the real sky over the Villa, that Italic hours are the right convention and that Chigi's horoscope presents an Ascendant in 18° *Tauri* and a *Medium Caeli* in 26° *Capricorni* (Gandolfi and Calabresi, 2021). These values are confirmed by the central panels of the hall, where Peruzzi painted Perseus decapitating Medusa (with her star *Algol* exactly at the center: longitudinal coordinate 18° *Tauri*), a scene that reveals the Ascendant and its adjacent *paranatellonta*, while Helice riding her Chariot on the right side indicates the constellation *Ursa Major* crossed by the *Medium Caeli* circle toward the North (meeting the ecliptic on the South at the longitudinal coordinate of 26° Capricorni). Particularly surprising is the fact that with this reading of the vault, even the axis of the *Medium Caeli*, parallel to its main diagonal, is oriented with precision towards the southern point where that great circle meets the horizon, that is at an azimuth of 175° as confirmed from the inside of the building with a *Suunto* compass measurement (Gandolfi and Calabresi, 2021). Thus, the *Loggia* and the entire Villa are arranged on the ground according to the two main parameters of their owner's horoscope, reflecting the favourable disposition of the stars on the afternoon of November 29, 1466, Chigi's exact birth date and time. But the *Loggia of Galatea*, so ingeniously and precisely linked with the Skyscape, is not the only space of the building in correspondence with the exterior: as effectively described by the poet-courtiers Egidio Gallo and Blosio Palladio in their odes to the charming palace of Venus, the whole Villa is conceived in a constant dialogue with Ancient Rome and at the same time with the Julian city plan devised by Bramante. A recent study (Grantham Turner, 2022) has analysed the external terretta decorations of the main building, stressing their extraordinary quality able to capture attention and admiration. At the same time, its author considers the Altana-belvedere on the top of the roof and the "Sala delle Prospettive" artificial panorama as watchtowers commanding the surrounding landscape, in a double play of inward and outward gazes where the Villa is at the same time spectatrix and speculatrix. And looking carefully, the correspondences are really everywhere. In the *Loggia*, indeed, the vela representing the river god Eridanus and the homonymous constellation faces the Tiber flowing along the park [Fig. 5], while, on the sixth spandrel on the outside of the *Loggia* towards the garden, the gods Mercury (the star of Chigi's trimontium impresa) and Ceres (that stands here for the sign Virgo, its domicile and Chigi's conception's Ascendant[8]) look at the centre of the town that once hosted their cult and simultaneously towards the eastern horizon were planet and constellation rise. In the *Sala delle Prospettive* [Fig. 6] , likewise, the painted panorama is a realistic rendering of what lies beyond the walls, with the nearby *Porta Settimiana* towards the South, *Monte Mario* on the north-western side, and the town (with arches, buildings, the Hospital of *Santo Spirito*, the Theatre of Marcellum, the *Torre delle Milizie*, etc) on the East and North-East. These circumstances suggest that precision instruments for a survey of the type of that devised by Alberti for his *Descriptio Urbis Romae* might have been used by Peruzzi on the *Belvedere Altana* and then probably converted in the mural map inside the building. Such a technique, that should be verified in loco with a direct measurement campaign, would be a further testimony of the architect care for orientation[9], already demonstrated in the case of the astronomical alignments of the *Sala di Galatea*. The gods and the mythical scenes of the frieze interspersed among the niches and the columns of the artificial view[10] appear, in turn, often approximately connected to the directions of the Skyline[11]. The suburbanum of Agostino Chigi is in the end an extraordinary and unique example of oriented cosmography of Power at the dawn of the Modern era, with his exclusive focus on the classical narrative and iconography of the Olympians and on the topography of the nearby glorious city together with its geometrical connection to the sky and to the celestial divinities that presided over the birth of the banker. It seems to distil in perfect purity and in the very centre of the Christianity, next to the contemporary sacred cosmography of Julius II, the pagan idea of the return of the ancient gods, sanctioning without ambiguity the mechanisms of Astrology as the real physics of the natural world.

Zucchi's *Stanza dell'Aurora:* the marriage of Humanistic wit and astral divination

Ferdinando de Medici was the fifth son of Cosimo I and Eleonore of Toledo, destined to cardinalate since very young. After years in the small *Palazzo Firenze* and a complicated search for a palace worthy of a powerful Roman churchman, he bought in 1576 Cardinal Ricci's possessions on the *Pincio* and entrusted the project of a new *Villa* to Bartolomeo Ammannati. The architect planned a garden and some buildings, while the main edifice hosted a col-

5. Baldassarre Peruzzi. The Vela of Eridanus on the eastern side of the Vault, 1511, fresco. Villa Farnesina, Rome. Notice the River God facing the Tiber. (Photo by the author).

6. Baldassarre Peruzzi. The side of the *Sala delle Prospettive* with the artificial perspective towards Rome and the Tiber. 1515-16, fresco. Villa Farnesina, Rome. Venus and Apollo face the town, while on the frieze the Chariots of Aurora and Apollo indicate the eastern horizon. (Photo credit: Wikimedia).

7. Jacopo Zucchi - The *Assembly of the Gods*, 1575-76, oil on copper. Yale University Art Gallery, New Haven, Connecticut. The painting is an illustrated horoscope of Ferdinando de Medici, correlating the planetary gods with the signs of the Zodiac over the scene. (Photo credit: Yale University Art Gallery).

8. Jacopo Zucchi. *Stanza dell'Aurora* 1576-77, fresco. Padiglione di Ferdinando, Villa Medici. Rome. (Photo credit: Gianluca Masi, courtesy of Villa Medici).

lection of antiquities. Jacopo Zucchi was in charge of the decoration. The entire *Villa* is characterized by solar and astrological symbols, but the decoration of Fernando's apartment is particularly interesting and meaningful. Notwithstanding the uncertainty about the date and hour of birth of the Cardinal, his trusted poet-astrologer Pietro Angeli from Barga developed a complex program full of astral allusions around the leonine dreams of glory and the expected secular rulership of his patron (Morel, 1991), confirmed by a contemporary copper panel by Zucchi alluding to his horoscope (Gandolfi, 2023) [Fig. 7]. Leo, his solar sign, Jupiter and the Sun repeat unequivocally in the *Villa*, especially in two rooms dominated by elegant vaults and friezes, painted in a typically mannerist style: the *Room of the Element* and the *Room of the Muses.* The first architectural works in the *Villa*, between 1476 and 1477, included a small pavilion built on the Aurelian Walls and facing North East, now called *Padiglione di Ferdinando* (Darragon, 1991), and already showed unmistakably signs of this astrological program charged with favourable celestial omens. The main rooms of this peripheral building are a *Birds Hall* and a smaller *Room of the Aurora*, which was probably a studiolo [Fig. 8]. The latter has a decoration with small scenes and grotesques all along the walls and an interesting vault [Fig. 9], clearly topographically oriented. *Aurora* (*Eos*) stands at the centre of the decoration with his husband Astraeus, surrounded by the winds and the zodiacal signs that compose a giant compass rose, correctly oriented towards the cardinal points. The Four Seasons are distributed around this central scene in correspondence with the walls: the specific choice of their ambassadors (Saturn, Venus, Ceres, Bacchus) allows for a polysemic construction, both astrological and topographical, that recalls *Villa Farnesina*. As in many other cases, the orientation is approximate and not calculated with high precision, nonetheless Bacchus faces North-West (the winds Septentrio and Caurus appear on the vault) towards the traditional Roman vineyards (today Prati and Flaminio), while Venus – patron of the Gens Iulia and symbol of Rome's imperial power – faces South-East (corresponding to the winds Eurus and Auster) in the direction of the center of the town (Capitol Hill and the Fora). This topographic anchorage along the North-South axis, reminiscent of the gods in the *Sala delle Prospettive* of *Villa Farnesina* (where on the West lurk indeed Mercury and Ceres!), leaves room on the orthogonal walls to a choice of divinities that refers mainly to an astral configuration; there in fact, Saturn faces North-East (winds Aquilo and Solanus), where (and when) during the dawns of the spring of 1583 and 1584 a portentous series of astronomical events threatened to shake the world and at the same time probably promised to guarantee the right succession for the Grand-Duchy of Tuscany[12] [Fig. 10]. The god of Time, represented while devouring one of his children, appears surrounded on the wall by all kind of fishes, alluding to its last farewell to the constellation Pisces and to the conclusion of a thirty-year saturnian revolution, but especially to an epoch-making Great Conjunction Saturn-Jupiter in the same sign, that according to many European astrologers would have portended changes of government and for some even the Apocalypse[13]. On the other side Ceres holding ears of corn stands probably for Virgo[14] (as in *Villa Farnesina*), the constellation setting in the South-West at the same moment (winds Affricus and Favonius) [Fig. 11]. A painted view of the main building in the same direction evokes what lies beyond the wall and the god Mercury stands below the charming scene, alluding both to the planet that has his domicile in Virgo and to the humanistic domain of the *Villa*, decorated in front of the garden entrance by a fountain with the famous Mercury bronze statue by Giambologna. In all probability, the decoration composes an oriented cosmography that takes into account the Roman skyline and a specific Skyscape temporally constrained by the nature of the goddess at the centre of the vault (*Eos*, represented with the chariot of the Sun emerging from the night-side of the Earth, fixing the moment of dawn) and by the planet Saturn and the zodiacal signs Pisces and Virgo, respectively establishing the time in a thirty-year saturnian cycle (1582-4) and the constellations in the East and the West at the beginning of Spring. The years 1583-4 in particular are strongly implied by other details in the decoration of the *Villa*, that concentrates astrologically on the importance of the coming Great Conjunction (the zodiacal band above the bas-relief of the Judgment of Paris on the eastern façade of the main building is dominated by the Medici-related couple Scorpio-Libra that refers to the Great Conjunction of 1484, exactly a century before[15] [Fig. 12]) and on the associated crucial role of the transition from the zodiacal Watery Triplicity to the Fiery one (in the vault of the *Room of the Muses* [Fig. 13]). Venus may represent or not the celestial body depending on the year: if the cosmography refers to March 1584 (hence the year after the Great Conjunction, when all planets formed a rare *stellium*[16] between Aries and Pisces, still brought to the European attention by Leowitz in his *Prognosticon*), the planet was indeed high in the South-East at the maximum elongation during dawn, corresponding to its location on the fresco as Goddess of Love. So, the system of decoration of the studiolo of Cardinal Ferdinando - a really sophisticated piece of astral divination - connects in a single painted room a fateful Skyscape that may refer to the conjunction of 1583 or to the *stellium* of 1584 and a homage to

9.
Jacopo Zucchi. Vault of the *Stanza dell'Aurora* 1576-77, fresco. Padiglione di Ferdinando, Villa Medici. Rome. (Photo credit: Gianluca Masi, courtesy of Villa Medici).

10.
The oriented cosmography in the *Stanza dell'Aurora*. (Photocomposition of the author).

11.
Above: Roman sky of the spring aequinox of March 1583 (Great Conjunction Jupiter-Saturn in Pisces) at dawn. Below: Roman sky of the spring aequinox of March 1584 (Stellium Mercury-Sun-Mars-Jupiter-Saturn in Aries-Pisces and Venus at greatest elongation towards the South-East). (Images realized with Stellarium 1.2.)

12.
Anonymous. The Zodiacal band above the Judgment of Paris on the northern side of the eastern façade of Villa Medici. Rome. 1584-85. Notice the couple Scorpio-Libra at the apex of the arc, a hermetic Medicean reference to the Great Conjunction of 1484, exactly a century before. (Photo credit: Gianluca Masi, courtesy of Villa Medici).

Rome considered with humanistic wit as the land of ancient gods and the seat of Imperium. The result is a mix of the architectural and decorative programs of the *Stanza della Signatura* and *Villa Farnesina*, but in a small scale and with a introverted mood imbued with Prophecy. The author of the program Bargaeus, in fact, adds a spice to the artifact; he exalts explicitly and in pure Virgilian style the return of Saturn and a new Golden Age under the coming Medicean reign[17]: as in the *Stanza della Segnatura*, *Iam redit et Virgo, Redeunt Saturnia Regna*, or to cite Lorenzo il Magnifico's impresa, *Le Tems Revient*, that is the same dream of Della Rovere but scaled to the post-Tridentine austere scenario.

Conclusion

The three architectural examples I proposed integrate perfectly landscape and skyscape and are a proof of the sophisticated level of holism and interaction of scientific knowledge with religion, art and architecture reached by the Renaissance Intelligentsia. The evidence indicates that the cosmographies analysed, albeit located in different contexts (the first in the private apartments of the Pope, reflecting both his temporality and his spirituality as the leader of Christianity; the second in a laic *Villa* conceived as a patrician, hedonistic setting on the verge of Paganism; and the latter in a cardinalitial retreat, more modest and conventional at first sight, but hiding the political ambition of transforming the ecclesiastical residence in a princely one) share the same dream of universality and exhibit the same need for a legitimation that comes from the Heaven/Sky, that is from outside the human realm. As proposed by Pierguidi for the *Stanza della Segnatura*, such rooms and buildings are *Theatra Mundi* (Pierguidi, 2010) revolving around the personality of their owners and centred on Western culture and geography, but in the end reflecting a common understanding of the shape and functions of the World as a Microcosm encapsulated in an ordered Macrocosm, both naturalistic and infused with sacrality, both organic and mechanic, both measurable and moral. These cosmographies that unite Skyscapes and Landscape are the complex heirs of very ancient seats of power and architectures conversant with earth and sky unveiled by Archaeoastronomy, from Giza and Karnak in Egypt, to Uxmal and Chichen Itza in Yucatan (Magli, 2020), to the Ziqqurats of Mesopotamia (Nadali and Polcaro, 2016), to the Imperial Palaces of Ancient Rome and Constantinoples always sided by oriented chariot-racing circuses representing the Cosmos (Stierlin, 1986). They prefigure at the same time, in the evolution of Renaissance cartography, the modern *Rooms of Maps* epitomised by the *Sala del Guardaroba* in *Palazzo Vecchio* a Firenze[18]; a model that will persist in the following centuries, slowly disenchanting the world and losing the grip on the surrounding topography while maintaining a symbolic narrative of political and religious power. On the other hand, such allegorical nodes of Earth and Sky – well-grounded topographically in the place where they arise - have origin in the necessity of tracing (and of anchoring to) the cosmic source of the power they represent. They remind us, as comparative anthropologists have established, that this source is always the cosmos and that in ancient cultures (even in the Renaissance) "the human state was the realization of a political order prefigured in the cosmos: the state came from heaven to earth—rather than the gods from earth to heaven [by way of imitation of existing social structures]"[19]. Such results encourage an extension of the study to other possibly oriented astral representations of the Middle Ages and the Renaissance, for example the *Cappella Sistina* and the *Sala dei Pontefici* in the Vatican for what concerns sacred settings, but also the *Salone dei Mesi* of *Palazzo Schifanoia* in Ferrara and the *Sala della Cosmografia* in the Farnese Palace of Caprarola in the domain of profane architecture.
Are all these monuments disguised cosmographies that unite Heaven and Earth?

Notes

1. *Skyscapes*, 2015, p. 3.
2. But the latter disguised his boundless cosmic ambition with a playful and erudite vein particularly appropriate for the sophisticated humanistic milieu in Renaissance Rome.
3. According to many scholars it was a study probably housing the library of the pope, where the Signature of Grace (highest Vatican tribunal) was originally located. For a classical treatment of Raphael's Stanze see Redig de Campos, 1965.
4. Donato Bramante was the chief architect of Julius II, a Pope that since October 1508 planned "infinite changes" in the urban disposition, most of them never realized. Among the famous projects of Della Rovere: the new Saint Peter, the Cortile del Belvedere transformed in Villa, Via Giulia with the Palazzo dei Tribunali, Via della Lungara as an axis parallel to via Giulia and so on (Frommel, 1986).
5. The Virtues are slightly displaced due to the asymmetry of the chamber's own internal geometrical layout and of the windows disposition (Temple, 2011).
6. The main reference for the Villa is Frommel, 2003.
7. Either choosing Italic hours (counting from the sunset: Lippincott, 1990 and Schiller, 1993), or French/Astronomical hours (counting from midnight: Quinlan McGrath, 1984 and 1995) or Sidereal Time (a very technical notation: Esteban Lorente, 2014)
8. See Quinlan-MacGrath, 1984.
9. Munoz-Vera, 2018.
10. For a thorough discussion of the frieze, see Ewering, 1993.
11. Among many possible references to skyscapes and landscapes, I would like to propose: Venus towards the centre of Rome because patroness of the Imperial town; Apollo's

13.
Jacopo Zucchi. Vault of the Room of the Muses, Villa Medici, Rome. 1584-85. The uncommon Ptolemaic Zodiacal Triplicities of the decoration highlight the interest for Conjunctionism and Astrological History. (Photo credit: courtesy of Villa Medici).

Image p. 108:
Jacopo Zucchi, *Aurora Room* 1576-77, fresco. Ferdinando Pavilion, Villa Medici. Rome. (Photograph by Gianluca Masi)

Chariot in the frieze towards the East where the sun rises [Fig. 6]; Neptune towards the sea on the South; Alcyone and Ceyx in the frieze representing the Halcyon Days of the Winter Solstice towards the coastline on the South-West where the Sun sets in December; Deucalion and Pyrrha towards the Janiculum hill on the West standing for Parnassus where the couple disembarked after the Deluge and a Triumph of Bacchus again on the frieze in the direction where the vineyards of Rome lie in the North.

12. Morel (1991) discusses at length the dynastic value of the Astrology in Villa Medici, concentrating expecially on Triplicities and on the shift from the Tuscan reign of Francesco I symbolized by Aries to that of Ferdinando represented by Leo, but misses the necessary connection with the Great Conjunction Jupiter-Saturn of 1583 and all others celestial wonders of those years.
13. The prediction that generated the large stream of prophetic prognostications and chiliastic interpretations about the Great Conjunction of 1583 and its aftermath was that of Cyprian Leowitz, in his De coniunctionibus magnis (1564). The analysis of the Bohemian astrologer conditioned all following European discussions. See for example Lynn, 1900; Aston, 1970 and Kociszewska, 2010.
14. In astrological literature Ceres is considered the patron goddess of Virgo (see Manilius, Astronomica, II, 442) or even identified with the figure honoured by the constellation (Hyginus, Poetica Astronomica, II, 25).
15. This modern addiction to the ancient and celebrated bas relief from a Roman sarcophagus, that confirms the use of Astrological history and Astral divination in the Villa, may be dated to 1583-85, when the decoration of the eastern façade was completed. The Scorpio-Libra couple is an important symbol of Medicean Astrology that refers to the Dantesque Prophecy of the Veltro revived for 1484 by Cristoforo Landino: see Gandolfi, 2019.
16. The technical term stellium indicates the conjunction or the grouping of 3 or more planets in the same zodiacal sign or in the same astrological house.
17. For a useful overview of the use of prophetic and propagandistic astrology by the Medicis, see Cox-Rearick, 1984.
18. Rosen (2015) clarifies well that in early modern or ancient cartography, science is inextricably intertwined with symbolism, propaganda and even spirituality, in a system of representation that strive to build the cosmos more than to describe it aseptically. The paradigm of this world-building activity is indeed the Medicean Sala del Guardaroba.
19. Graeber and Sahlins (2017).

Horizontal sundials of Europe between the XV and XXI centuries: a proposal for cataloguing

Nicoletta Lanciano

Key words
Sundial line
Cataloguing parameters
Geometric relations
Noon sundial
Astronomical instruments

Introduction

It presents a proposal of parameters for cataloging related to different aspects of the horizontal sundials, internal and indicating only the time of the noon and then inserted in the meridian plane.
Sundials of this type, traced between the sixteenth and twenty-first centuries are numerous in Italy and France and practically only in Europe: they therefore constitute a rare and exceptional heritage in the world, precious to safeguard and know, because it is a sign of the questions that science has posed and how it has elaborated them with the contribution of astronomy, geometry, arts and crafts, architectural and urban aspects, and drawing in different forms.
The present research is of a qualitative type: we discuss parameters related to many artifacts but also specific and original elements, present in at least one of them.
These are sometimes very essential lines or instead of artifacts that characterize a space and transform it also into an aesthetic sense.

Goal

The aim of the work is to explain and discuss parameters, not always present in the literature, that allow to describe and classify these artifacts of the European territory. These parameters are often not mutually exclusive, but rather have intersections.

Research methods and strategies

The research makes extensive reference to reliefs and photographs of the author and bibliographical information to which she has contributed extensively,

both nationally and internationally. Privileged bibliographical sources are the two volumes *Les méridiennes du monde et leur histoire* by Andrée Gotteland (Gotteland 2008), which considers sundials from 28 countries of the world, and for Italy the 2002 census by Giorgio Mesturini, updated in 2005 (Mesturini, 2005): both authors also consider types of sundials not shown in this work.
The discussion of the cataloguing parameters is based on the comparison with researchers from different sectors and the available literature. In some cases, the research is still open to respond to problematic aspects or to the difficulty of achieving reliable documentation. A research of this type can never be said complete for the continuous realization of new constructions and is tied to their total or partial disappearance, and to the remaking. This work can be used as a basis for iconographic reviews, accompanied by historical and descriptive documents, of this heritage.

Type of sundials

A sundial line is an artifact with a North-South oriented line, drawn on the horizontal plane and a small hole drilled at the top, on a surface to the South (in Europe), from which the Sun's ray can enter the true local solar noon. In such artifacts, sunlight enters a closed space and intersects the line on different days of the year at different points in relation to the inclination of the Sun's rays on the horizontal plane [fig. 1].

Type of sundials	
consider in this work	in closed spaces, horizontal, which only mark midday
	darkroom
	not in a darkroom
not considered in this work	in bright light (with obelisks or vertical or polar columns projecting a shadow)
	reflection (which are internal but also indicate other times)
	noon vertical

We do not consider in this work the sundial lines that are in semi-open spaces, such as loggias, or reflective type or sundials in full light in which there is a gnomon, vertical or polar, of which we consider the shadow and the line is drawn outdoors, nor sundials indicating only noon but vertical type.

Buildings and clients

Sundial lines are present in public or private, religious or scientific buildings in close relationship with the client of the sundial itself. Some instruments have been used to teach position astronomy and which are localized in facilities such as universities and colleges. Some sundials traced in palaces and in private mirrors, are difficult to access.
Most of them are in religious buildings, churches and convents, thanks to the width and height of the spaces available for which it was possible to have very long lines and the greatness, in this instrument, allows greater reliability and precision. Many of them are in Astronomical Observatories because of their use connected to other instruments of observation.

Buildings
public spaces, common spaces, schools and universities
private spaces, halls or astronomical observatories
religious, from monumental churches to small sacristies, halls and corridors of convents
scientific, astronomical observatories

Client
public
private
religious
Scientific, astronomical

Geographical distribution

The geographical distribution of the sundials concerned involves only European countries, which contain almost all these products worldwide. In particular, sundial lines are found in great abundance in Italy and France: in Italy there are 84 those censused by Giorgio Mesturini in 2005 and about 30 in France, surveyed by Andrée Gotteland in 2008. In the other countries of Europe there are few units.

Use and goals

Among the uses that sundials had when they were built some still retain them today.
Among them:

1.
Diagram of horizontal sundial with the Sun to the South and the meridian line to the North.

- the clock function because the passage of the Sun trace on the line marks the true local noon, or other type of time where specified;
- the calendar function, indicating the period of the year, through the month or zodiac sign;
- the determination of certain coordinates of the Sun and their variation;
- a teaching and dissemination function for astronomy.

These objects are often born especially for astronomical use as lines oriented in the direction of the geographical poles, then materialization of a local meridian, useful to orient instruments such as the Instruments of the passages and others, present in the Astronomical Observatories; they were also useful for the measurement and control of the variation of the inclination of the Earth's axis with respect to the plane of the Ecliptic.
Through the different length of the meridian line itself reached by the Sun [fig. 2].
They were used to know the exact length of the year, and to check the calendar, after the Gregorian Reformation of 1582 with the new determination of leap years.
There was a liturgical use with great attention to the calculation of the day and time of the March Equinox, to define the date of the Christian Easter. They also served to regulate the tower clocks and bells, so they were called ad usum campanae and to regulate the pendulum clocks of the Observers.
A geographically-topographical problem of great importance in the second half of the eighteenth century was the measure of the degree of meridian, calculated at different points in Europe: for this purpose a working basis for triangulation work was needed, to provide the direction of the meridian.
In some contexts they are served to civil use for the harbour zones for the trades and the naval traffic, or of public utility for the passage from a system of calculation of the hours to another: in Milan in 1786 with an ordinance was decreed that from the 1 successive December "public clocks must be regulated like French clocks, and Italian hours are abolished".
A royal edict of 1836 in Belgium ordered the provision of five major cities in the country with sundial lines to make the railways work better: the astronomer Adolfe Quételet created very essential lines for this purpose.

Geographical distribution
Italy
France
rest of Europe (those in the rest of the world are not considered)

Use and goals
astronomical research
noon clock and change of time systems
calendar function and control
liturgical
civil, nautical, geographical and topographical
check the stability of the building

Time system

Compared to the hourly system, midday sundials are True Local Time (TVL) clocks. There may also be other indications such as the lemniscata of the Average Local Time (TML), and the Italian time (IT) [fig. 3].
The Middle Time of Rome (TMR) was present in a line disappeared in Rimini, and that of the Middle Time of Central Europe (TMEC) in a line disappeared in Caltanissetta.

Time system
TVL
TML
IT
TMEC

Authors

The indications of the authors of the artifact are sometimes marked on site, other times well documented in texts coeval with the construction, other times difficult to find.
Sometimes the author is unique while other times the collaboration of different skills is documented: the author of the calculations is usually an astronomer, an engineer prepares the room, the floor and the hole, the designer and the craftsmen make the decorations and signs of the calendar.

Dating and historical aspects

The attention to historical aspects concerns the dating of the artifacts, but not only: it places them in an era with an equipment of tools, with civil problems and scientific questions. Some have been conceived

2.
Sundial of Santa Maria Novella in Florence. Limit of the edge of sunlight at the Winter Solstice in 1575 and in 2022.

3.
The italic time XVI in the sundial of the Cathedral of Fossombrone. The number 22 corresponds to the value of the distance angle of the Sun from the zenith and 40, on the central metal line, to the number of rulers, unit of measurement of this sundial, from the foot of the gnomon.

before the use of the telescope that has determined great variations in astronomical research.
Many are coeval with even large mechanical clocks, which often had to be adjusted with the Sun, as well as the pendulum clocks of the Observers.
Some artifacts have uncertain or unknown dating. Their story sees cancellations for natural events, either due to the lack of use and recognition of the instrument, or the displacement of a wall with a gnomonic hole, or the construction of a building to the South.
In some cases, it is the lack of protection and trampling that spoils the sundial.
The dates of a possible discovery or correction of an error or partial or complete restoration, with a new layout and new materials, are therefore relevant.

Authors
calculations
drawing, tracing and decorations

Dating
yes
no
date of discovery, restoration, correction or remaking
date of disappearance

Internal horizontal sundials
Some sundials are called tangent, darkroom and rows: the three categories can be superimposed in the same artifact.
They are called tangent because the horizontal meridian line represents the line of the trigonometric tangents of the angle β [fig. 4] that every day is formed between the vertical for the gnomonic hole, and the ray of the Sun, that is the angle of the zenith distance of the Sun, multiplied by 100. So that at an angle of 45 hours corresponds to the number 100, because tan 45° = 1 [figg. 4-6].
The observed height of the Sun is the angle (AC'B') between the solar ray and the horizontal plane and is a function of the Sun's declination.
The zenith angle and the height angle of the Sun are function:
- the declination of the Sun and therefore of the day of the year,
- latitude of the place of observation
- and time, which in this type of instrument is fixed at 12 o'clock.
In the days of Equinox, the zenith distance of the Sun is equal to the latitude of the place [fig. 5], in the other days it is equal to the latitude + the declination of the Sun that varies in a year between +23°26' and -23°26'.
The height of the Sun on the horizon is equal to (90° latitude + declination of the Sun) = 90° - β.
For example, in Rome in the sundial of Santa Maria degli Angeli, when β is equal to 52°, angle on the western side of the sundial, there is the image of the Sun in a point that is 2604 cm from the foot of the gnomon and the number of notches or modules B'C' written on the eastern side of the line is equal to 128. Thus, we read: 128 - 52.
In fact, since the Module of the sundial is equal to 20.34 cm, we have: B'C' = 128 x 20,34 cm = 2604 cm

$$\tan(\beta) = \tan 52° = \frac{\sin(52°)}{\cos(52°)} = \frac{BC}{AB} = \frac{B'C'}{AB'} = \frac{2604}{2034} = 1{,}28$$

Some of these sundials are dark room, that is, the light that is observed in the closed room is exactly the image of the Sun and not of the hole, which in this case is called pinhole: this occurs at a ratio between the diameter of the hole and its distance from the ground around 1/1000.
This ratio also ensures that the penumbra observed in the image of the Sun is of the same size as the diameter of the hole, therefore negligible. The source image (the Sun) is upside down and inverted. In these cases, it is possible to observe on the floor the sunspots of the surface of the Sun, when present and large, or observe an eclipse of the Sun that occurs at the true noon of the place [fig. 7].
Some of these sundials are spinning type: in them a thin wire, metallic or made of knotted hair, taut and perfectly straight by nature of the wire, between two metal supports at a small height from the floor is located above and parallel to the line in a darkened space. It marks on the ground, better on a white support, the moment when the edge of the cone of light is tangent to the wire and its shadow appears, and the moment when the shadow of the wire disappears: the average time gives the moment of noon [fig. 8].

Internal horizontal sundial
darkroom
tangent (with explicit measures of the Module)
row

4.
Diagram of the tangent sundial.

5.
Sunlight at the Equinoxes in relation to the latitude of the place.

6.
To the east *partes radii centesimae* (hundredths of the radius): Tangent notches. In the West Gradus *distantiae a vertex* (degrees away from the vertex or distance zenith): Angles.

7.
Camera obscura sundial in the Chapel of the SS. Rosario, Collegiate Church of S. Stefano, Novellara (RE). Partial solar eclipse 11 August 1999. Author of the restoration R. Righi, Author of the photos, R. Marchiani (image from Incerti 2003).

8.
Diagram of wire supports in a wire sundial.

Architectural aspects

The architectural aspects concern the measures of the building and the ground on which the lines are drawn. The meridian line can be drawn in plane, on steps and on an inclined surface, with not constant slope. In the row-type sundials it is sufficient that the thread and the line are in the meridian plane: some are drawn a few centimeters below the floor level in a channel, and to protect them are covered by wooden boards that can be removed [fig. 9].

Architectural aspects	
on a horizontal plane	entirely horizontal
	partially horizontal and partly vertical, constant slope or not
	totally vertical, borderline case of previous cases
	embedded in the floor
type of floor (marble, stone, wood, majolica)	
line material (bronze, other metal, engraving in the floor)	
partial line	

Different architectural solutions have been implemented in places where space is insufficient to contain the entire sundial line from one Solstice to another.
The line is in this case partly horizontal and partly vertical: borderline case is in the cathedral of Strasbourg where the inner line is totally vertical because very close to the crack from which sunlight enters.
The diagram shows the example of the sundial of the Torre del Calandrelli in Rome and the photo of the sundial of the Milan cathedral [fig. 10a,b].
Some sundial lines are partial for different reasons. In Santa Maria Novella in Florence, the original by Egnazio Danti was restored in 2016: there are only two sections of the sundial line, one close to the Equinoxes and one around the December Solstice.

Measures

The geometry and linear measurement aspects concern the total length of the line, from the gnomon foot or from the June Solstice, the height of the heliotrope hole from the ground and the unit of measurement of that particular line.
For locations in European countries, for each plant there is a series of rectangular triangles, one for each day of the year, with equal height, the height of the hole, and with the base on the same line, the meridian line. Such series of triangles are similar if they are on the same parallel, and are symmetrical, with respect to the north-south direction for the parallels at latitude x° somebody and latitude -x° someone [figg. 11-13].
The unit of measurement of each sundial prior to the use of the metric system, adopted in Italy in 1861, was established locally. In many sundials it is equal to one hundredth of the height of the gnomonic hole and constitutes the Module: the height of the gnomon is therefore generally equal to 100 Modules. In some cases, as in S. M. of the Angels in Rome, the Module consists of a metal rule with its submultiples and is kept in the sacristy. In other cases, the unit is engraved at the beginning of the line itself.
In the sundial of Gilii, in the Torre dei Venti in Vatican, the numbering is in Arabic numerals "46,000" and Roman "XXXXVI" with rulers of 20 cm.

Measures
length of line - horizontal part/vertical part
hole height from floor, also called gnomon
unit of measurement - submultiples - type of numbers

Problems and errors in the construction

Among the problems to be faced in the design and construction of a meridian line are those related to the exact determination of the vertical point under the gnomonic hole, often found with a plumb bob ending in a bucket of water so as not to oscillate.
Different expedients have been adopted to avoid displacements of the housing of the gnomonic hole, made directly in the wall or in a bushing or other frame.
For the drawing of the line some errors were due to the use of the compass.
The uncertainty on the edges, often flickering, of the solar image, affects the numbering and tracing of the luminous ellipses produced on the ground.
Problems of different measurements, at very high precision levels, are due to considering or not the refraction of light, for time indications and the center of terrestrial coordinates in the center of the Earth or on its surface, for spatial localization.

Conservation status

The state of conservation must be accompanied by a date and may concern different parts of the gnomonic system.
The meridian line itself can be partially or totally cancelled as in the Cathedral of Messina due to

9.
Row sundial in the Klementinum, Jesuit College in Prague.

10a.
Diagram of the sundial of the Calandrelli Tower in Rome.

10b.
Diagram of the sundial in the Milan Cathedral (Ferrari Da Passano 1977).

11.
Diagram of the sundial of Acireale: lat. 37°6'.

12.
Diagram of the sundial of Genoa: lat. 44°4'.

13.
Diagram of the sundial of Paris: lat. 48°83'.

the 1908 earthquake and the 1943 bombing, but the cancellation of the artifact or its abandonment may have been temporary. The inscriptions and numbering of the sundial can be made difficult to read.
The gnomonic hole may have been tampered with or clogged. Sometimes only the hole remains but the sundial has disappeared. In the row sundials the supports remain but the thread is often missing.
These are useful parameters:
- the type of protection, like a cord supported by pedestals or with a transparent cover that could pose problems of sun rays distortion, humidity between the cover and the article and cleaning;
- it is also relevant if the installation is accompanied by reading instructions for school and scientific tourism.
Mesturini in 2005 indicates for Italy, a strong percentage of missing sundials equal to 16%: the situation during 2023 is slightly different.

Problems and errors in the construction
determination of the vertical point – plumb bob and bucket with water
movements of the housing (bearing) or of the wall of the gnomonic hole
use of compass for line direction
uncertainty on the edges of the solar image
problems of whether or not to consider the refraction of light and the center of the Earth coordinates in the center of the Earth or on the surface

Conservation status
disappeared, destroyed
of the line (excellent, with protection, with explanations, semi erased)
of the hole
numbering and inscriptions
of calendar signs (months or zodiac signs)
the supports and the wire of the row sundials
restoration or recovery of the line and/or hole

Circular gnomonic hole
The type of support of the gnomonic hole, its shape and proportion, in addition to its height from the ground, varies in different cases.
In general, there is a circular hole whose recommended diameter is 1/1000 of its height from the ground, equal to 2 cm in diameter on 20 meters.
In some cases a simple hole was drilled, in others it was necessary to make a scratch in the wall to let in the sunlight in all seasons, and to check the sticking of the hole on the floor for the exact calculation of the length of the line. In some cases, in fact, this base point or gnomon foot is indicated on the horizontal plane with a marble or brass disk. Sometimes the hole is drilled into a metal plate that protects its shape.

Circular gnomonic hole
ratio of hole diameter to floor height pinhole
height on the floor
diameter of the hole
with vertical point or gnomon foot marked
with converging lens, with metal plate
in masonry (wall/ ceiling/ dome) or window/ glazing

Calendar indications
Aspects of design and iconography particularly involve aspects of the calendar.
They can be marked along the meridian line to mark the date the Sun enters a sign, and if so they are distributed like this

Capricorn - Sagittarius/Aquarius - Scorpio/Pisces - Libra/Aries Virgo/Taurus - Leo/Gemini - Cancer [fig. 6].

They can instead be marked along the lines of the line where the Sun has the same declination and, in this case they are distributed in pairs in this way: *NORTH ellipse of December solstice - Capricorn January/December Sagittarius - Scorpio November /February Aquarius - Libra October/March Pisces - Virgo September/April Aries - Leo August/ May Taurus - Cancer July/ June Twins, ellipse of June solstice SOUTH* [fig. 14].
In both cases the distances between the pairs of signs are not equidistant because the angular difference of the declination reached by the Sun in a month is not constant and because equal angles correspond on the line segments of different length according to the law of tangent.

14.
The representations of the asterisms are white in oval blue ceramic, flanked by the name of the month in the Sala delle Cicogne in the Old Specola in Florence.

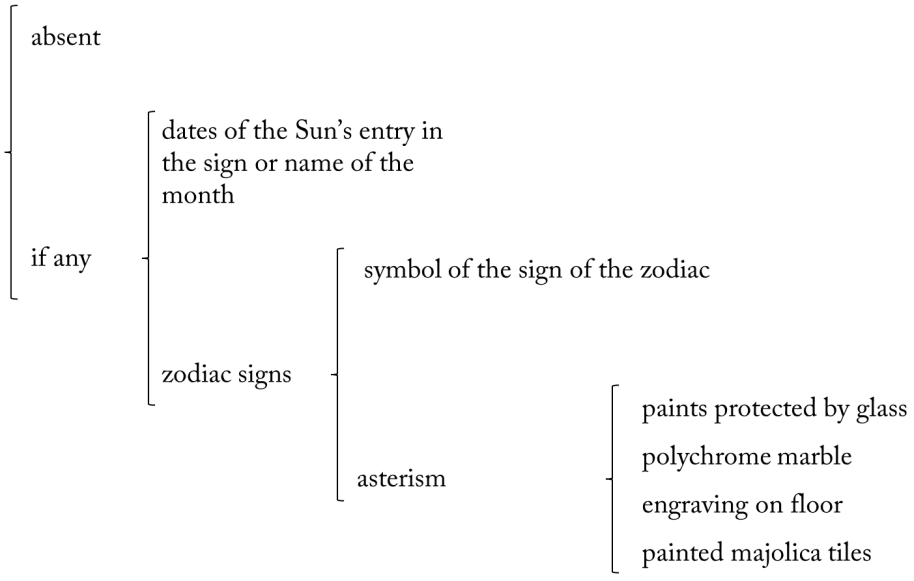
Presence of particular signs

Curiosity and particular signs are not lacking in European artefacts like:
- the presence of the analemma curve of the mean time superimposed on the meridian line;
- the ellipses of sunlight on the floor for a few moments of the year;
- the layout of hourly lines at a small distance of time from the noon sundial: typically 12 ± 5 minutes,
- the chronometer of the Equinoxes;

The analemma is the representation or graphic trace of the Equation of time and is present to indicate the middle noon, from the eighteenth century. This equation is presented as an empirical table linked to the advance or delay of the average Sun with respect to the true Sun, so there are no constant time intervals between two and consecutive transits of the Sun in the meridian.
The causes of this discrepancy are due to two factors: [figg. 15,16]:
- Kepler's Law for areas, that is different speed of the Earth in travelling the elliptical orbit around the Sun (Eccentricity);
- inclination of the Ecliptic on the Celestial Equator (Obliquity).

This curve is marked around the southern line that intersects 4 times a year, when the value of the Equation of Time is worth 0. It is stressed that this event does not coincide with the days of Equinox or Solstice, as often written on the net [fig. 17].
The ellipses with the exact measure of the solar species, marked on the horizontal sundials are often those of the Equinoxes, other times those of the June Solstice and the December Solstice. Their axes have greater variations over the course of the year the greater the latitude of the place. The axes of the ellipse are calculated considering:
- the width of the cone of sunlight equal to 2ω, which is equivalent to the diameter of the Sun that at the December Solstice (Earth near Perihelion) is worth 2ω = 32,52', at the Equinoxes 2ω = 32,11' and at the June Solstice (Earth near Aphelion) 2ω = 31,48';
- h the angular height of the Sun.

Considering the triangle VGN in which VG is the height of the hole and NG the distance of the radius from the foot G of the gnomon [fig. 18] are obtained, with trigonometry the axes of the ellipse.
In Rome, at latitude 41°55' (S. M. degli Angeli) we have [figg. 19,20]:
In addition to the local noon line, there are sometimes one or more lines diverging from the gnomon's foot to the north, relative to ± 5 minutes, ± 10 minutes before and after noon.
A pair of lines on the sides of the sundial can skirt it widening from South to North, so as to contain the entire ellipse of the trace of the Sun also in Winter, when the ellipse has the minor axis, perpendicular to the sundial, wider than in Summer.
The latitude gives the shape of the whole system, as already indicated, while the longitude is useful to calculate the civil time compared to the local one. The longitude is linked to the time zone and within this it is necessary to calculate the distance from the central meridian of its time zone. For Italy the central time zone is the one passing through Catania, called TEC, that is Time of Central Europe.
This angular distance expressed in degrees is transformed in minutes with the relation:
360° : 24 hours = 15° : 1 hour = 1° : 4 minutes
For example: Torino is 29 min 15" west and Brindisi 11 min 45" east of the Central European meridian.
The real local time is then calculated:
True local time = Clock time + distance from the time zone in minutes + Time equation.



15, 16.
The 2 graphs and their overlap.

17.
The curve of the equation of time in the Modica sundial.

18.
Scheme of the production of the solar ellipse (Anselmi 2016).

19, 20.
The ellipse at the December Solstice in Capricorn and that of the June Solstice in Cancer, in S. M. degli Angeli in Rome.

	Winter Solstice Ellipse	Summer Solstice Ellipse
Major axis	110,6 cm	20,7 cm
Minor axis	46,2 cm	19,6 cm

In three Italian sundials there is an instrument related to the calculation of the true moment of the Equinoxes, consisting of two identical ellipses in the church of Perinaldo (Imperia) and of S. M. degli Angeli in Rome, and one in the new sundial of Santa Maria Novella in Florence. It is the ellipse that corresponds to the image of the Sun on that day: there is on the major axis a graduation that allows you to read how long time, in hours and minutes, separate the passage of the Sun in the place of observation, from the instant of the astronomical Equinox: such an instrument can be called the Chronometer of the equinoxes [fig. 21].
In some sundials within the design of the asterisms of the zodiac signs are marked the main stars of the constellation.
Sometimes geographical aspects related to the place you are in are marked along the line.
The astronomer Peters, who made in Acireale meridian line, drew: "the height of the gnomon is 9,104 meters, the length of the sundial is 16,452 m, the inclination of the magnetic needle is 53° 01'55"; the obliquity of the ecliptic is 23° 27'36"; the length of the pendulum that beats the seconds minutes (992,86 mm) from which you can know the measure of local gravity. The length of a degree of meridian (110.97473 km) and that of the local parallel (88.281 km). Peters calculated longitude of the meridian from the Iron Island in the Canaries equal to 32° 51'10"; the maximum duration of the day of Acireale (14 hours 46 minutes 4 seconds) and the minimum (9 hours 33 minutes 8 seconds)" and added a box with the samples of the 5 main linear units of measurement used in trade: the French meter, the Parisian foot, the English foot, the Sicilian palm, and the Neapolitan palm.
Rocco Bovi, astronomer of the geographical expedition of Rizzi Zannoni, in the Meridiana di San Martino in Naples marks the names accompanied by graphic signs, of different localities that are located approximately on the meridian of Naples in Africa ordered by latitude from North to South. He also inserts in the floor of the sundial room, 2 wind roses with 32 and 24 winds respectively and representations of the five planets visible to the naked eye and the system of satellites of Jupiter and Saturn known at the time. In this meridian we found also traces of indications of some declination curves.
The language of the inscriptions along the line, at its ends or on tombstones, is often Latin. For the most recent is the language of the country.
A Boreal gnomon, to intercept the rotation of the Pole star around the North Celestial Pole through a hole to the North, is located in the church of Santa Maria degli Angeli in Rome accompanying the southern sundial: a series of coaxial ellipses mark the projection on the floor for a period of 800 years.

Presence of particular signs
the presence of the analemma curve superimposed on the meridian line.
the ellipses of light on the floor.
the layout of hourly lines at a short distance from the noon sundial.
divergent lines on the sides of the sundial line
traces of indications of some declination curves
the units of measurement
the chronometer of the Equinoxes
stars embedded in the asterism of the zodiac signs
latitude and longitude of the place and other geographical elements
language used for inscriptions accompanying the sundial line
boreal gnomon

Tools used to draw meridian lines and calculate hole height

The tools that were used to draw the line indoors are sometimes known and well-illustrated by manufacturers, other times only hypothesized [fig. 22].
Among these is the use of the method of the Hindu Circles or of equal height traced outdoors, outside the building: in this case the passage of the Sun on the meridian is indicated through a sound (often a shot) to whom it marks the point where it is the solar species in that instant inside.

Didactic-tourist-explanatory aspects

With an attention to educational-tourist-explanatory aspects, there are explanatory diagrams of the operation of the gnomonic system and tables of the equation of time, which help the reading; are sometimes available in the very place where the sundial is located manual and related articles.
On the net it is easy to find errors and false news

21.
The chronometer of the equinoxes in the ellipses of the solar species in the days of the equinox and the end of Easter in the sundial of S. Maria degli Angeli in Rome.

22.
Cassini 1695 (from Heilbron).

both on the operation and on the astronomical causes of the phenomena observable on the sundial.
These artifacts have an undoubted educational interest, both for the teaching of geography and astronomy, as for a geometry read in reality, as for historical and artistic aspects.
In general, to develop a scientific attitude visit, study and reconstruction of a sundial, allows you to observe in a conscious astronomical phenomena that we always have before our eyes and understand how a complex instrument works, but silent and sometimes very discreet presence.
There are also aspects of narration, of the presence of these artifacts in the stories of the "Grand Tour" and in literary texts, sometimes in Tourist Guides.

Tools used to draw meridian lines and calculate hole height
known: circles of equal height method, stopwatch, instrument of transits in the meridian, theodolite, compass, mercury-free barometer, thermometer, sample meter, artificial mercury horizon, compensation pendulum, plumb line, water level tool
lack of documentation

Didactic-tourist-explanatory aspects
signs with diagrams and information, tables
leaflets
articles, books, online

Conclusions

The process that has allowed the drafting of this work makes use of the collaboration and exchange with researchers from various sectors and with amateur astronomers who are very present in the area, skilled photographers and seekers of hidden treasures in heaven and on earth.
The references to some of the sundial catalogs already made in Italy and abroad are fundamental, to which I also gave my contribution. The variety of elements that each of the sundials visited and studied presents, has stimulated the search for classification categories that often turn out to be vague and others that lead to data that are not always definitive.
Among the "nuanced" categories there is, for example, the definition of "horizontal sundial" when, as in the case of the Milan Cathedral, there is a part on a vertical wall. Instead, as regards the categories that refer to the state of conservation, these take into consideration non-definitive data because there may be restorations, cancellations and new creations.
For researchers in the various sectors involved, from gnomonics to the history of astronomy and architecture, this research path can be retraced with respect to different artifacts, not considered in this work both by type of object and by territorial diffusion.
It is hoped that this cataloging will induce continuous and careful monitoring of the territory with possible interventions to solicit the restoration, conservation and protection of the different parts of the meridian lines, the care of the opening to the visit and the production of correct explanations at the relative structures public and private.
For this reason, it is essential that the research sites dialogue with the territory and that whoever owns or manages cultural assets of astronomical interest, even on the web, contact the experts to enhance them and make them usable in the clearest and most correct way.

Image p. 122:
The asterisms of Aries and Libra in the Sundial Hall of the National Archaeological Museum in Naples.

Gnomonics and conic sections: Daniele Barbaro and Vitruvius

Cosimo Monteleone

Key words
Daniele Barbaro
Vitruvius
Gnomonics
Horario universale
Conic section

Daniele Barbaro and Vitruvius's sundials

Vitruvius had handed down in Book IX of his *De Architectura* names and inventors of some devices designed to mark the hours of the day and the most important dates of the year. The descriptions of these time-measuring instruments had fueled the curiosity of many Renaissance scholars, to the point that they attempted reconstructive hypotheses based on the ancient text, which, however, lacked images. Among these well-known mathematicians and astronomers (Severino 2011, pp. 192-198), a prominent place belongs to Daniele Barbaro, the most famous translator and exegete of the Vitruvian work. In the first edition of 1556, the Venetian humanist spends

many pages with the aim of interpreting Vitruvius's meager indications on sundials, with the ultimate goal of bringing back to life (at least in print) long-lost and forgotten instruments (Pagliano 2018). One would expect a similar treatment in the second edition of 1567, but Barbaro only reintroduces a study of Ctesibius's water clock. This drastic simplification is only seemingly at odds with the author's philological intentions, since, as he himself makes clear: "The sundials discovered by the ancients and listed here by Vitruvius can be imagined by those who well understand the circles of the sphere and know the rationale of analemmas because then each can be accommodated to whatever form is desired" (Barbaro 1567, p. 426; Williams 2019, p. 709).

From these words we deduce that Barbaro's decision to remove in the second edition images and indications related to the reconstructions of the sundials of the ancients is, instead, profoundly humanistic. Barbaro prefers to replace the space devoted to these objects with something more important, namely an explanation of the scientific foundations of gnomonics. Before taking this important didactic step, Barbaro introduces and summarizes the Ptolemaic system, drawing on two works by Federico Commandino, the *Planisphaerium* (Commandino 1558) and the *Liber de Analemmate* (Commandino 1562), along with Francesco Maurolico's *Cosmographia* (Maurolico 1543). Above all, Barbaro recognizes Maurolico's scientific, yet popularizing, value and copies in his comments to Vitruvius's Book IX some of his images, including the one related to the theory of epicycles and deferents [Fig. 1] and the one indicating the difference between true and apparent place of a celestial body *c*, considering the observer in the center of the Earth, *a*, and on its surface, *b* [Fig. 2]. Immediately after outlining the rudiments of the Ptolemaic system, Barbaro clarifies that there are common geometric principles underlying such seemingly different disciplines as astronomy, geography and linear perspective. Federico Commandino had also made a fleeting reference to this connection in his *Planisphaerium*, specifying that he had drawn inspiration from the practices in use in painters's workshops to untangle some of the knots related to the representation on a plane of geographic parallels and meridians (Commandino 1558, dedication). But Barbaro goes further, making this underlying mathematical connection explicit by pointing out that it is necessary to know conic sections before applying oneself to the study of astronomy. He, always very careful to dodge lengthy theoretical disquisitions, makes use of: "the method proposed by Albrecht Dürer, although there are also other ways" (Barbaro 1567, p. 399; Williams 2019, p. 666) and, as is his custom when he recognizes perfection in the work of others, Barbaro copies the figures published in *Underweysung der Messung*, where the delineation of the ellipse, parabola and hyperbola is solved in the three projections of the cone by 'horizontal sections' [Fig. 3]. Finally, perhaps because he is aware that the connection between cone sections and gnomonics may not be easily grasped by all readers, he warns that: "Now, in order that you know the reason why we have explained these figures, I say that the sun, revolving from day to day, sends its rays to the gnomon, the tip of which we imagine as being the apex of a cone; the circle that the sun makes is the base of the cone; and the rays that go from the body of the sun are that line which, turning around, describes the cone. If we think carefully about this effect that the sun makes with its rays in the gnomon, we will see that it makes a conic surface because it is a surface made of two surfaces on opposite sides of the apex of a cone: one is the circle that the sun makes above the tip of the gnomon, the other is one going down from the tip of the gnomon in the opposite direction, which would go on infinitely if it were not opposed by a plane. Since this plane is opposed in different ways (i.e., lies at different angles), and cuts those rays of the lower conic surface, it is necessary to consider the properties of those cuts because they make different lines" (Barbaro 1567, p. 400; Williams 2019, p. 669). Only at this point in his reasoning Barbaro explicitly indicates that there is a link between astronomy and perspective, for if the theory of conic sections is: "when thoroughly meditated and understood, will shed admirable light on the (p. 399) present discourse, and be of help in many other worthy things, and especially in perspective, as we have clearly explained in our treatise on *scenographia*" (Barbaro 1567, p. 399; Williams 2019, p. 664).

It is on this geometric basis that in the second edition of his commentaries on Vitruvius, Barbaro replaces the description of the sundials designed by the ancients with the graphs necessary for their construction. The purpose of expounding a complex theory in a simple way, without sacrificing scientific rigor, is undoubtedly commendable, but we must note that the illustrations present many difficulties of interpretation because the letters indicating the points are not always shown in the correct position relating to the text. Unfortunately, the problem is found in the identification of the direction and length of the shadows of a sundial, that is, in reference to two fundamental aspects of the Ptolemaic conception. These two procedures are closely related to the theory of conic sections and, for this reason, clarity is needed on the more obscure steps. As an example, let us review here the examination concerning the Tropic of Cancer but the reasoning can be considered valid for all other circles. We are able to implement this purpose because, despite

1.
Ptolemaic scheme for epicycles and deferents (left Maurolico 1543, p. 79; right Barbaro 1567, p. 377).

2.
Scheme for indicating the difference between true and apparent locus of a celestial body (left Maurolico 1543, p. 83v; right Barbaro 1567, p. 372).

3.
Conical sections (left Dürer 1525, p. 16r; right Barbaro 1567, p. 401).

the irreconcilability between text and illustrations, Barbaro's words in Book IX describing Ptolemy's analemma are quite accurate. Retracing the making of a horizontal sundial will be a useful exercise in fully understanding Barbaro's reasons for saying that conic sections lay at the foundation of astronomy, geography and perspective. For the construction of the analemma we make use of the Barbaro's markings, but placing them correctly, i.e. following his text faithfully. In this way we can correct the errors contained in the graphs published in 1567, at least as far as those useful for delineating a horizontal sundial (Barbaro 1567, pp. 410-417).

The astronomical reference

Once you have assigned the meridian circle *abcd* in a front view, such as the line *ad* represents the circle of the equator (equinothial) and the extension of the earth's axis (world axis), with *b* the celestial North Pole and *c* the celestial South Pole, consider an arc of 23.5 degrees, running from *a* to *b*, and mark the point *f*. The same operation has to be done from *d* toward *b* to locate point *g*. The *fg* line indicates the circle of the Tropic of Cancer but also its diameter, around which half of the circumference has been overturned to obtain its true shape. This semicircle with center *s* represents the apparent path of the Sun across the sky when, on June 21, it enters the sign of Cancer [Fig. 4].

The local reference

Since the height of the celestial North Pole changes in each place, Barbaro chooses to construct the analemma for Venice, approximating its latitude to 45 degrees. To accomplish this, from point *b* count an arc of 45 degrees toward *d*, fixing *x*. From the opposite side of *x* with respect to the center of the circumference *e*, mark the point *y*. The *xy* line constitutes the horizon circle, consequently, the orthogonal *Z&* represents the vertical circle. Both circles appear as lines because they are depicted in profile. In this local reference system, also called horizontal, the *Z* point corresponds to the zenith, while *&* to the nadir. Since the line *fg*, Tropic of Cancer, intersects *xy* at point *2*, at this position the Sun rises and sets on June 21. In doing so, Barbaro determines how much of the Sun's path is arranged above the horizon, daytime goes from *2* to *f*, and how much below, nighttime from *2* to *g*. To find the Sun's true position at sunrise and sunset on the Tropic of Cancer, simply conduct an orthogonal to *fg* on the overturned semicircle, marking point *1* [Fig. 5].

The division of hours

Let the circle of the Tropic of Cancer be represented separately, so that its diurnal arc can be subdivided according to an appropriate hourly scan. Barbaro chooses the temporal hours of the Ancients, obtained by dividing the daytime into twelve equal parts, such that the zero corresponds to sunrise, the twelfth to sunset and the sixth to noon. Since the length of the day changes throughout the year, the temporal hours, also called canonical or planetary depending on their function, are longer in summer than in winter. After dividing the portion of the Tropic of Cancer into twelve equal parts, Barbaro projects the hourly scans onto the *fg* diameter, indicating them with corresponding numbers [Fig. 6].

The length of shadows

In order to continue the construction of the horizontal sundial, it is necessary to supplement the subdivision of the hours with the previous graphs, and for this reason, the intervals of the hourly scan, accomplished on the diameter *fg*, are shown on the analemma. From these points lead the parallels to *xy* to the meridian circle, so as to fix the Sun's heights according to the time taken on June 21. If you place the tip of the gnomon in the center *e* of the system, after establishing its height *ez* and fixing the plane *T*, which will contain the sundial, you can proceed with finding the lengths of the shadows. For this purpose, it will suffice to join the point on the meridian, which denotes the height of the Sun at a given time of day, with the tip of the gnomon and, extending the ray to the *T* plane, the shadow length will be read from *z*, foot of the gnomon. Highlighted in blue is the shadow length corresponding to the 4th and 8th hours [Fig. 7].

The direction of the shadows

Starting again from the intervals of the hourly scan of the diameter *fg*, lead the parallels to the line representing the vertical circle *Z&* and extend them to the meridian circle. Where these lines intersect the *xy* line, horizon circle, we mark the corresponding time scans. From this point on, it is necessary to literally change the point of view and consider the analemma in plan, i.e., we must imagine that we are 'perceiving the system from above', such that the tip and foot of the gnomon coincide with the center of the circumference *ez*. Measure the true positions that the Sun occupies on June 21, along the apparent circular motion and at different times of the day, with respect to the diameter *fg*. Let these distances be plotted in the analemma on the lines parallel to *Z&* from the hourly subdivisions on *xy*; in this way it will be possible to fix a series of points, which, when conjoined with the foot of the gnomon (center of the circumference *ez*), will mark the direction of the shadow. The angle of the shadow direction is measured on the meridian circle from zenith *Z*. As an example, see the angular measurement valid for the 2nd and 10th hours of the day, highlighted in red [Fig. 8]. In

4. Reconstruction of Ptolemy's analemma (Graphic elaboration by the author).

5. Local reference system into Ptolemy's analemma (Graphic elaboration by the author).

6. Dividing the diurnal arc of the Tropic of Cancer into 12 equal hours (Graphic elaboration by the author).

7. Calculation of the length of the shadows of a gnomon on June 21 (Tropic of Cancer) (Graphic elaboration by the author).

8. Calculation of the direction of the shadows of a gnomon on June 21 (Tropic of Cancer) (Graphic elaboration by the author).

his commentaries on Book IX of Vitruvius, Daniele Barbaro does not explain that, in the diagram concerning the direction of the shadows, the change of the point of view generates a 'reshuffling' of the reference system. The circumference *abcd* no longer denotes the meridian circle but the horizon, while the line *xy*, which previously denoted the horizon, now represents the meridian circle. The only line that has not changed its function is the vertical circle *Z&*, but keep in mind that *Z* no longer marks the zenith but the East. It is from this point that we must start with the angle measurement, on the horizon circle *abcd*, to determine the direction of the shadows. The reasons that lead our author to remain silent on such an important fact can be attributed to the practical vocation of his intentions. In essence, Barbaro does not wish to confuse the reader with theoretical problems, solved through overturning of circles of reference, limiting himself to providing a dispatchable description, useful for drawing a horizontal sundial.

The design of the horizontal sundial

After outlining the analemmas, the construction of a sundial turns out to be simple. Draw a circumference of center *z* (foot of the gnomon) and, starting from the right, that is, from the point *Z*, which denotes East, draw on the circumference the arcs of the directions corresponding to the morning hours (circular sectors in gray). Let the ends of these arcs be joined with the center of the circumference, and immediately thereafter, starting from *z*, let the lengths of the shadows relative to the different times of the day (concentric circles) be plotted. The results, obtained in this way, must be mirrored with respect to the meridian *xy* to obtain the afternoon course. If, at the end of this procedure, all the points are joined together, a hyperbola is obtained, namely the curve described by the shadow of the gnomon on June 21, the day the Sun enters Cancer. Similarly, one can proceed with the other important dates of the year, keeping in mind that on days when the Sun enters the zodiac signs, the tip of the gnomon always describes hyperbolas in the horizontal plane, except for the equinoxes, March 21 (Aries) and October 21 (Libra), days when the shadow of the gnomon's tip traces a straight line in the East-West direction. According to Barbaro's approximation, adopted for the latitude of Venice equal to 45 degrees, this line passes at noon through point *L*, because the length of the shadow *zL* equals the height of the gnomon [Fig. 9]. These last considerations allow us to draw the sums of the discussion so far, describing the problem from a geometric point of view. Each day of the year the Sun rises and sets above the horizon, outlining a circular trajectory (in red) in the sky. This section of the circumference forms the directrix of a double-pitch cone, with vertex *V* at the tip of the gnomon. One of these flaps is bright, the generating lines being the Sun's rays, while the other is composed of shadow rays. The cone of shadow is cut by an oblique plane, and the section generated is a hyperbola (in blue). On the two days of the equinox, however, it happens that the section of the cone corresponds to a straight line, because the circular trajectory of the Sun, the directrix of the cone, and the tip of the gnomon are contained in the same plane, the equinoctial [Fig. 10].

The *horario universale*

How all this has to do with *perspectiva artificialis* Daniele Barbaro explains it very clearly when in his book, defining the visual pyramid, he appeals to the authority of Apollonius's *Conics* and Euclid's *Optics*. The scientific basis of conic sections, with reference to gnomonics and perspective, is made even more explicit in the description of the universal clock of his invention. In the illustration provided by our author, we detect along the Tropic of Cancer a sequence of disembodied eyes emanating straight lines, succeeding the Sun's light rays and the gnomon's shadow projections [Fig. 11]. Critics have essentially overlooked the importance of this instrument, whose theoretical implications will instead prove particularly fruitful, if not in gnomonics, as much as in the field of perspective. The text describing shape and function of the device has even been misinterpreted, confusing the size of the clock, the role assumed by the holes along the astronomical circles, and the purpose of the cotton threads, which, in fact, Barbaro indicates as being made of silk (Losito 2018, p. 284, Severino 2007). The device: "is not only a clock in itself, but is also an instrument for making clocks in every plane, at every elevation, and with every sort of hour" (Barbaro 1568, p. 187; Monteleone and Williams 2021, p. 367). It is an object that can be likened to an armillary sphere, in that it is a simplified representation of the celestial sphere containing: the poles, the polar circles, the two colurs, the horizon, the tropic of Cancer and the tropic of Capricorn. Thus composed, the instrument is an interpretation of the Ptolemaic universe which, however, Barbaro transforms into a sundial adding 24 portions of meridians which divide the two tropics into equal parts, thus fixing the astronomical hours. In this regard, Barbaro's *horario universale* shows a striking resemblance to a 'celestial and terrestrial globe', preserved at the Museo Correr in Venice, from which our author may have drawn inspiration [Fig. 12]. This specimen, dating in its original part to the 16th century (Monteleone 2020, pp. 113-115; Camerota 2008, pp. 30-31), was made from a perforated sheet of brass and has an hourly subdivision identical to that of Barbaro's device.

9.
Analysis of conic sections underlying celestial geometries: top, Tropic of Cancer, summer solstice; middle, Aries and Libra, equinoxes; bottom, Tropic of Capricorn, winter solstice (Graphic elaboration by the author).

10.
Drawing of the horizontal sundial (Graphic elaboration by the author).

11.
Horario universale (Barbaro 1568, p. 188).

12.
Calculation of the length of the shadows of a gnomon on June 21 (Tropic of Cancer) Terrestrial and celestial globe, 16th century. Venice: Correr Museum.

Although probably of French manufacture, as some geographical names suggest, its presence in Venice is recorded as early as the mid-sixteenth century, and it is likely that this instrument inspired the construction of similar specimens that were realized slightly later. Our author is well aware that such a rigid time system could not have satisfied all the needs of readers, who had different hourly customs depending on where they lived; for this reason, he suggests superimposing two more circles, one per tropic, such that they could not: "go beyond their circumference. These circles must be divided into 24 equal parts, and at the end of each be made a small hole so that it is possible to pass through them some silk threads that go from one tropic to the other. These are the terminations of those hours that we wish to set, whether from the end or the beginning of the day, or otherwise" (Barbaro 1568, p. 188; Monteleone and Williams 2021, p. 368).

So, the holes are for fixing silk threads, which are useful when you want to change the time system, and not for intercepting the gnomon's tip with your gaze, as some have mistakenly assumed, confusing the ring hole located in the center of the system, which replaces the gnomon's tip. After all, Barbaro, aware of the difficulties involved in stretching a string to derive a perfect straight line, rather suggests to use; "some very fine wire" (Barbaro 1568, p. 189; Monteleone and Williams 2021, p. 370). A digital experiment unequivocally demonstrates that the silk threads are more useful for subdividing the hours than for directly reading the time. In fact, If one exposes the device to the sun's rays, the ring casts a shadow that marks the change of the hour when it falls on the shadow produced by the fixed arcs of astronomical time [Fig. 13]. If one wishes to change the system of hours, it is necessary, as Barbaro states, to knot the threads to the holes of the moving circles of the tropics; in this way, however, the silk is stretched in a straight line, whereas the correct shape of an hourly circle would be that of an arc of a circumference. The shadow of a straight line adequately approximates that of the hour arc only toward noon. The anomaly, though significant, is kept silent by our author, perhaps because the silk thread still remains a convenient and sufficiently adequate expedient in drawing sundials. Barbaro devised an easily transportable instrument, since it has "a diameter that is a little less than half a foot" (about 15 cm) (Barbaro 1568, p. 187; Monteleone and Williams 2021, p. 367); its main function is to replace another similar device, the half sphere, widely used in the Renaissance for delineating sundials (Severino 2007, p. 4). Barbaro's *horario universale* is more versatile than the half sphere because, in addition to adjust to the hours of all Europe, it can, by pivoting on the axis running from east to west, "turned and raised and lowered according to the elevation of the poles" (Barbaro 1568, p. 188; Monteleone and Williams 2021, p. 368). This movement makes it possible to adjust to the latitude of any location, setting the geographical location in which the operator is working. Our author explains how to plot a sundial talking about a crucial similarity between gnomonics and perspective: "Begin to look where the meridian cuts the tropic of Cancer, and direct your gaze through the hole in the tip of the stylus, and through the point opposite on the edge of the meridian and on the tropic of Cancer all the way out to the plane; where your gaze falls on the plane mark the point" [Fig. 14] (Barbaro 1568, p. 189; Monteleone and Williams 2021, p. 370).

The perfect coincidence between light-shadow ray and visual ray achieves adamantine clarity in these few lines, only that these words raise an implicit, though substantial, problem traceable to the position that the terms of a perspective normally occupy. Painters had the custom of considering the picture that accommodates the perspective delineation interposed between the eye and the object to be drawn. Instead, leaning on the rules of gnomonics, Daniele Barbaro shows that it is possible to revolutionize the spatial arrangement of these elements. In the art of plotting sundials, the eye is, in fact, replaced by the tip of the gnomon, and the frame, which accommodates the graph of a sundial, is placed beyond the object one wishes to represent, in this case a point to be plotted. In practice, the eye-frame-object spatial sequence is reshuffled in another order: eye-object-frame. The repercussions, which Barbaro's universal clock will have in the years following the publication of *La pratica della perspettiva*, should not be sought in the world of gnomonics since, innovative as it is, the instrument does not break the traditional patterns of the discipline. Instead, it is appropriate to turn our attention to the changes noted in developments in perspectival theory, particularly with reference to anamorphosis.

Conclusions

In the second edition of his commentaries on Vitruvius, given the importance of the analemma, Barbaro replaces the description of the sundials designed by the Ancients with the graphs necessary for their material execution. The intent of proposing the realization of sundials by means of graphs is laudable but runs into inconsistency between text and images. To be more precise, the text is correct but the image markings are in the wrong positions. It is therefore fair to impute these errors to the woodcut engravers of the woodcuts rather than Barbaro. After all, our author had been able to invent the *horario universale*, a tool that circumvents the difficulties of calculations and makes it possible in an entirely practical way to delineate sundials

13.
Hour reading. The instrument marks the astronomical hours when the shadow of the gnomon, identified by the ring in the center, falls on that of the fixed arcs (Graphic elaboration by the author).

14.
Tracing a point on the sundial, after placing the eye along the Tropic of Cancer, passing with the view through the ring in the center of the instrument and the opposite point on the Tropic of Capricorn (Graphic elaboration by the author).

Image p. 136:
Daniele Barbaro, Beroso's Sundial (Barbaro 1567, p. 235).

at any latitude and on any surface. To devise this instrument Barbaro exploited the precepts of conic sections. The cones are reified by the eye (vertex) and visual or umbral rays (generating lines), a procedure similar to what happens in a perspective. Perhaps the approximation of the results obtained with the *horario universale* did not satisfy the scientific rigor to which astronomers aspired, but it certainly laid the groundwork in art for a revolution in perspective: the spread of anamorphosis in the next century.

The passage of 1066 Halley's Comet figured on a Norman modillion

Stéphane Franck Tessier

Key words
Romanesque art
Astronomy
Halley's Comet
Normandy
Modillions

Introduction

The Norman modillions surrounding most Norman churches (from the 11th to the 13th century), numerous in Lower Normandy, have been the subject of little study. However, they represent an important aspect of the interaction between the ecclesial monument and the rural populations that the Church intended to gather. A comprehensive inventory of the 5,079 Norman modillions present on 213 churches in the region has allowed the formulation of several hypothesis about the existence of these belts and their iconographic composition (Tessier 2023).

First, the process of encellulation (Fossier 2010) was based on the attractiveness of the central monument and therefore had to reflect, at least in part, the daily imagination of the inhabitants. The church sent back to them an image at once captured and reinterpreted, then petrified in the "living stone" and structuring a shared sacrality. Between the protective roof and the wall that supports, between the defuncts of the cemetery and the living, between the outside and the inside, the modillion belt seen from the outside also built a specific identity of the village, perfectly recognizable.

Our hypothesis is that the church-monument, while exercising both concrete protections, since the villagers gathered their personal belongings there in the event of threat of looting, and spiritual protection, at the same time made it possible to display the singularity of the inhabitants.

These Lower Normandy churches are mostly located in river basins, at the time unpolarized, and were subject to daily maritime entry and external influences. However, the organization of these modillions is reminiscent of the ships of the time whose gunwales were covered and protected by each of the soldiers' shields, reproducing in a singular and easily identifiable composition collective protection by the junction of individual identities. Perceived from the inside of the building, these same modillions played the symbolic role of expulsion of threats and demons by gathering individualities into a collective identity, thus allowing the implantation of Christian spirituality.

The Church and the lay sponsors of monuments, however, did not deprive themselves of adding here and there their own messages through less explicit modillions for uninitiated eyes (Guesuraga 2001).

The places

The region studied covers the whole of three dioceses (from west to east Coutances, Bayeux and Lisieux) and the northern part of the diocese of Sées. The southern parts of these dioceses showed very few churches with modillions, or none, their concentration being east of the Cotentin and on the coast of Calvados.

In this area, limited on the map below [fig. 1] by the hatched parts, all the churches were visited and, where they existed, the modillions were systematically listed and photographed before being sorted between romanesque and post-14th century modillions, which were excluded from the work base. This systematic inventory was put into statistics and mapped, allowing to quickly identify the locations of each theme and motive.

The comet's modillion

Among the modillions studied, a unique and very surprising figure has been identified on the north nave of Martinvast whose local or erudite interpretations vary between "solar wheels" or "ornamentation" (du Moncel, 1843) [fig. 2].

The church of Martinvast, located very north of the peninsula of Cotentin is very close to Tollevast and Octeville sharing history and environment near Cherbourg. Thus, installed on the rocky promontory overlooking the bay, these villages are relatively isolated from the rest of the continent by swampy areas at that time almost impassable, forcing to walk at low tide to cross the bay of Veys to the east, or to make this crossing by boat.

The Martinvast area belongs to the ducal heritage

1. Location of the three churches (author's elaboration).

2. Modillion of Martinvast and print of du Moncel in 1843 (photo S. Tessier).

starting from the beginning of the 10th century, and its church was built at the end of the 11th century (Montier 1899). Having a feudal motte, the fiefdom was part of the honor of the de La Haye (coming from La-Haye-du-Puits who founded the abbey of Lessay in 1056) from the beginning of the 11th century until the half 12th century. It was then attached by marriage to the honor of Hommet (Delacampagne 1982) and was apparently only given much later, in the 13th century, to the canons of the Notre-Dame du Vœu abbey in Cherbourg. We find traces of donations to this same abbey from the parishes of Tollevast and Octeville from 1160, where, unlike Martinvast, there does not seem to have been a feudal motte (Delacampagne 1982) but the attachment of their fiefs is not documented .The sculptures of the churches of Martinvast and Tollevast are said to have been made by the same travelling workshop (Baylé 1997, p.109), with which the sculptures of Octeville can probably be compared. In fact, on these two churches there are also carved modillions of stars, more or less eroded [fig. 3].

Stars representations

By comparing the graphics of Martinvast's modillon with those detailed by Élise Haddad [fig. 4] (Haddad 2019, appendix D), the spoked wheels seem to represent stars or planets.
Our hypothesis is that the axis and its distal bulge in the middle would be a representation of a comet within its planetary surrounding.

The comets

The distinction between shooting star and comet with core and tail is based on the duration and spatial extent of the observation. A comet can be seen from all over the planet for several days or even weeks, unlike shooting stars, as impressive as they can be. However, texts from the period often confuse the two phenomena, which can only be distinguished when the durations of visibility are specified.
The striking appearance of a comet in April 1066 [fig. 5], visible from the whole earth, has been identified has being the Halley's Comet which orbit brings back to the sun each 68 to 79 years (Meeus 1985).
Apart from Halley's comet, regular as a metronome, the passages of several phenomena of the shooting star or comet type have left traces in the Anglo-Norman annals as well as Chinese, Korean or Japanese. Between 900 and 1300, there is thus the written record of more than 20 phenomena identified by their contemporaries (Sigebert 1511; Curschmann 1900; Javaux 2023). However, their graphic representations are few [fig. 6].
We can see that they are always represented with a core larger than the tail, mostly sparkling, sometimes surrounded by undefined stars. The representation of the next passage of a comet in 1145 [fig. 7], now identified as Halley's, shows the round and non-sparking core, close to the representation of the stars of Martinvast and probably that of Tollevast [fig. 3] despite its important erosion.
Finally, the only sculptured trace currently identifiable, the *protiro* of the Cathedral of Plaisance shows a personification of comet housed between the sun and an angel blowing in a trunk, interpretation supported by an inscription "*STELLA COMETA*" and its vicinity with signs of the zodiac [fig. 8].
More recent representations of comets[1] all follow the pattern of a sparkling core and are most often staged in association with disasters.
In Normandy, Bayeux embroidery [fig. 5] shows the comet with the inscription "*ISTI MIRANT STELLÃ*".

The potential comets

The first hypothesis of interpretation of the modillion refers to the passage of Halley's comet from April to May 1066. Its appearance, contemporary with the Conquest of England by William, played a major symbolic role in the region, by conferring a divine legitimacy to the project.[2] Its presence on Bayeux embroidery and the legend "I*STI MIRANT STELLÃ*" [fig. 5] demonstrate the importance of its political instrumentalization.
The astronomical calculations made during the last passage of this comet (Meeus 1985), show that its passage of 1066 was one of the closest ever observed (0.10 Astronomical unit, or 15 million km) which made it particularly striking, probably noticeable in broad daylight, even "*illuminating the night as in broad daylight during the Litania Maior* (25 April)" (Thorpe 1861, p.165).
But we can also cite the passage from June 10 to 30, 1106 (Chibnall 1978, p. 69) of the comet identified as X/1106 C1 which, as its astronomical name describes ("X"), never reappeared. Indeed, it follows a very large comet, described in Greece in 467 BCE, which fragmented into several pieces (Sekanina and Chodas 2012). Its remnants constituted the comets of the group called "sungrazers" (due to their passage very close to the sun) by Kreutz (ibid.). It is one of those elements which were also seen in 1106 in China (Williams 1871) and whose own spectacular fragmentation was described there. The Chronicon of Sigebert, at least in its available version, mentions this appearance of 1106 and evokes its explosion: "*Quarto nonas Februari stella per die visa est i coelo ab hora tertia vs ad hora nona: quasi cubito distans a sole. […] Pridie idu Februarij apud Barù Italiae stellae vise sunt in coelo p dié: nùc qsi iter se cocurrétes/nùuc quasi in terra cadetes. Todo penemente Februario cometes apparuit*".[3]
Historically, this appearance is contemporary with the second campaign of reconquest of Cotentin

3.
Modillions of stars on Tollevast (left) and Octeville (right) (photo S. Tessier).

4.
Illustrations of stars in medieval literature (Haddad, 2019). From left to right: *Tympanum* of Comminges, *Beatus* of Manchester, *Beatus* of Silos, *Beatus* of Vitrina, *Beatus* of Morgan (graphic elaboration by S. Costantini).

5.
Comet figured on the Tapestry of Bayeux (graphic elaboration by S. Costantini).

that King Henry I, known as Beauclerc, grandson of William the Conqueror began by landing at Barfleur, near Martinvast, in July 1106, a few weeks after the appearance of the comet. This campaign was victorious and allowed Henry I to re-establish his power over Normandy (Chibnall 1978, p. 69 et seq.). Finally, in June 1110, a third comet was described by Sigebert who linked it with the Italian expedition of the Normans (Sigebert 1511, ano 1110) and by Ordéric Vital, who linked its appearance with the death of the Count of Maine and a "terrible famine" for the next three years (Chibnall 1978, p. 173).
However, the modillion of Martinvast depicts a very specific astral configuration which makes it possible to make a distinction.

The comet of 1066 and its surroundings

Its trajectory took him through the following constellations: Pisces, Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Sextant. Among these constellations, only those of Taurus and Gemini gather stars of sufficient magnitude to be seen in a certain configuration, but at the time (April-June) of the passage of the comet to the west, only the constellation of Gemini could be visible. Indeed, if the comet was possibly viewed in broad daylight, its astral entourage remained invisible.
In 1066, the contemporary organization of the planets offered a very exceptional form of alignment that could be compatible with the 5 "stars" depicted on the modillion. [fig. 9] shows a recomposition of what could be the landscape gathering the comet and the neighbouring planets, seen towards the southwest.[4]
It is difficult to estimate the angular dimension of the comet's tail at this time. Some Chinese and Greek documents estimate at a lunar disc (Williams 1871, p.58), another Chinese document described it on April 26,1066 as a "*15 cubits* (degrees) *long appeared with the vapor like a pint of flour*" (Tsu 1934, p. 198). The length of the comet's tail actually evolves according to the distance to the sun, thus the period of observation.
The hypothesis that seems most plausible assumes that the modillion has undergone a vertical inversion, which would have put the comet's nucleus upwards. Indeed, the comet always faces the sun and by definition its core is pointed towards the horizon at night. Such inversions are not rare as there have been numerous rearrangements of the modillions over nearly a millennium. But also the knowledge of the masons who installed them was perhaps not in phase with the astronomical instructions given to the sculptors by the sponsors.
In this inverted configuration, several hypotheses concerning the surroundings of Halley's comet could be called [fig. 9]. The first takes into account only the planets and ignores the ambiguity on the modillion of the shape of the star in the lower left corner. The second hypothesis (orange arrows) takes this ambiguity into account by proposing to associate this star with Regulus, a major star in the constellation of Leo, whose royal connotation is known (Musset 1975). The whole would be even more compact and Saturn would thus be represented at the top left.
The very detailed Chinese description of the comet's trajectory (Tsu 1934, p.198) is only related to the constellations and crossed stars and does not mention the planets. Similarly, the English texts describing the passage of 1066 (Thorpe 1861, p. 165; Greenspon et al. 2006) do not describe the planetary or astral environment which is also absent from Bayeux's embroidery. This is most often the case of comet's descriptions, probably because of the variability of planetary trajectories which impede good identification of its position in the sky.
A single allusion, but very late and perhaps apocryphal, may seem to evoke this context: "*The astrologers by the maxims of their art, & situation of the Comet, then predicted the mutation of a Kingdom, bloody battles & great miseries, &* by its two tails *the assembly of Normandy & England under the same sceptre.*"[5] (du Moulin 1631, p. 172). Taking up two supposed verses from the Chronicle of Sigebert: "*Anno mileno sexageno quoque seno/Anglorum metae crinem sensere Cometae*",[6] the same du Moulin writes that "*her flaming hair turned its rays towards them* [the English]". We do not find this notion in the version of Sigebert's Chronicon of 1511 which is limited to: "*Comets apparitionit in tota paschali ebdomada*"[7] before narrating the conquest of 1066.

The comet of 1106 and its surroundings

This comet having disappeared, no retrospective calculation of its trajectory is possible. According to Chinese observers, the most precise in their descriptions (Williams 1871), the passage of comet X/1106 C1 from February to March 1106 would have passed through the constellations of Pisces, Wale, Gemini and Taurus. Observers attribute a tail of 100 degrees (Kronk 1999).
As seen in [fig. 10], the astral and planetary neighbourhood was much less spectacular, since only the nascent moon fleetingly crossed the comet. Uranus is nearby but too low in magnitude to be seen with naked eye. On the chosen date which corresponds to half of the trajectory of the comet, its tail crossing Orion passes between Betelgeuse and Aldebaran, to the north, Sirius, and Rigel to the south. But on the one hand, the latter is very disproportionate, and we cannot see what could be the other star which, on the modillion, faces the core of the comet.

The comet of 1110 and its surroundings

Finally, the comet of 1110, contrary to Norman au-

6. Illustrations of comets in the *Tegrimi Computus* of Grégoire of Tours (1018-1032) *De cursu stellarum ratio* (Index of medieval art, Princeton University)(graphic elaboration by S. Costantini).

7. Halley's Comet in 1145 figured in the Eadwine Psalter (Cambridge Trinity College Library, MS 17.1, fol. 10r) (graphic elaboration by S. Costantini).

8. *Protiro* of the Cathedral of Piacenza (images.romanes.free.fr).

9. Potential relationship between the modillion and the star landscape on 29th may 1066. (Software Stellarium® and photo S. Tessier).

10. View from Cherbourg of the passage of the comet X/1106 C1 the 23rd February 1106 (Software Stellarium®).

thors who give it a duration of 20 days in June, is described in China as having lasted only the night of May 29 (Williams 1871, p. 60), thus depriving us of constellation markers that only these authors had taken care to note. No trajectory can therefore be established. Calculations show that, that week, only Mars, Jupiter and, for a few days, the moon were aligned at dawn, from north to east; Saturn was visible but far to the south. Even if the comet had approached this configuration, it was very unlike to that of 1066.

Attempt of interpretation of the modillion

After several trials, the most plausible hypothesis was presented in [fig. 9]. The connection with the contemporary astral landscape of the passage of the comet around May 29, 1066 seems to agree. Thus to the alignment of Jupiter, Saturn (or Regulus) and Mars (or Saturn) is added the appearance of Mercury and the very first crescent moon in the landscape. The absence of the Sun is explained by the necessary night vision of the configuration of planets, and that of Venus by its positioning at this time on the east side, thus visible at dawn and in opposition to the comet.

The representation of an alignment by a grouping can be due only to the constraints of the support, the idea being to illustrate an exceptional proximity of all these stars, concomitant with the passage of the comet, the proportions being in any case generally approximated on such supports.

There is, however, some doubt about the lower left-hand circle (Saturn or Regulus), the content of which is not truly spoked but is made up of a kind of cross, more or less distorted. Obviously this is a deliberate act and not a physical constraint, the lower left circle (Mercury) being smaller but properly spoked. This observation leads us to propose a complementary hypothesis putting in relation a possibly liturgical object, in this case a host, with the same spectacular event. Perhaps, a combination, taking up part of the astrological symbol pf Saturn, with the *signum* of William[8] (a "*pattée*" cross found on several documents); or a combination of all three.

Environment of the modillion: the belts

The organization of the modillions all around the churches is not anecdotal and we have found (Tessier 2023) their systematic absence of the west facades, always opening spaces of the building. The positioning on the north nave of Martinvast's modillion may be insignificant because many modifications have taken place, but it may also indicate that the viewer of this modillion turns his back on the astronomical phenomenon, giving it an image in a mirror's symmetry. This could also explain more rationally the vertical inversion of the modillion, beyond a simple mason error. The sculptor would thus show the spectator the reflection of what was happening in the sky behind him, to his right.

These modillion belts have sometimes been interpreted as sequences that can be narrated (Bougoux 2006). Even if our statistics contradict this hypothesis, they nevertheless allowed to show the numerous coexistences of certain motifs on the buildings, Thus, more or less homogeneous palettes of motifs were mobilized by sculptors without their sequencing following a precise rule (Tessier 2023, p.55 et seq.). It therefore seemed interesting to be concerned about the entourage of this precise modillion.

The north nave of the church of Martinvast carries the most potentially evocative motifs of astronomy in the region, but one should remain cautious, because the condition of the masonry shows that many works have taken place and could have generated potential recompositions and additions. In [fig. 12], we see that only two modillions in relative proximity could refer to the Zodiac: Pisces and Gemini, constellations precisely crossed by the comet in 1066, but these modillions with three fishes and rather fused twins are not typical representations of the Zodiac.

The modillion of Tollevast [fig. 3], unfortunately not very legible, is also located in the north and next at N-3[9] a modillion of two horizontal fishes, at N+7 two dogs biting face to face (identical to those of Martinvast at N+10), at N+8 a strange riding (Samson?) and at N+9 a dog that bites its tail (identical to that of Martinvast but at N+4). Here again the sequences remain completely enigmatic.

Why Martinvast?

The location of such a modillion of comet on the church of Martinvast may be related to a geographical proximity of events in relation to the more or less attested saga of William the Conqueror.

In the first place, the revelation of the plot waged against William in 1046 and his sudden departure from Valognes (15 km to the south-east) to flee by horse at night crossing the bay of Veys at low tide: "*Passa de nuit li guez pour Vire/A grant poor et à grant ire*",[10] a venture that could not be more perilous and which was followed by a bloody revenge (Douglas 1964, p.48).

Then, one can mention the multiple stories of the support given to the Hôtel-Dieu in Cherbourg by William the Conqueror. If we can doubt the episode where, ill in 1063, he would have promised to found the first collegiate church in this city (Lerouvillois 1841), it seems better documented that Guillaume in 1053 for the Hôtel-Dieu in Cherbourg[11] "*Fist cent provendes establir/A cent povres paistre è vestir*",[12] to avoid excommunication due to his incestuous marriage (Voisin La Hougue 1835, 37). The Abbaye du

11.
Signum of William and symbol of Saturn.

12.
Environnement du modillon sur la face nord de la nef (photo S. Tessier).

Image p. 160:
Church of Martinvast (photo S. Tessier).

Vœu which succeeded this collegiate church was founded in 1145 by his granddaughter Mathilde.
Similarly, could be linked the construction in Diélette (15 km to the west), Barfleur (20 km to the east), and throughout the region of numerous ships for its invasion of England (Laporte 1967, p.8). In addition, several barons of the armada left Barfleur before gathering in the estuary of the Dives to prepare the invasion.
This reflection is especially supported by the recognized quality of astronomer precisely of one of his barons: Gilbert Maminot. William's chaplain and physician (Chibnall 1972, p.19), he was sent by the latter to the pope to plead the divine legitimacy of his English conquest (Chibnall 1990, p.143), which he obtained, according to some authors, by bringing back a standard (Laporte 1967, p.6). Among other functions on both sides of the Channel, he was appointed bishop of Lisieux. He is described at length by Orderic Vital in his Historia Ecclesiastica, who says that he was very intemperate, but above all he "*has long made a habit of watching the stars each night*". He adds that "*as a learned astrologer* (sagax), [Maminot] *carefully plotted their courses*". (Chibnall 1975, p.9). In fact, a star shower he observed on April 4, 1095, led him to suggest a "*migration of peoples from one kingdom to another*" than Walter de Cormeilles (his "*watchman*") then connected with the first crusade that Pope Urban II called on November 25 of the same year at Clermont (Chibnall 1975, pp. 9-11).[13]
Incidentally, these observations can also shed new light on the sculptured text attributing the status of comet to the sculpture of the porch of the Cathedral of Plaisance [fig. 8] to the extent that precisely Marjorie Chibnall stresses (Chibnall 1975, p.9) that a founding council was organized there in March 1095 during which Urbain II worked to restore peace and "*other needs of the Holy Church*". The medallion of the Cathedral of Piacenza, depicted alongside the sun and zodiacal signs, could in fact be a reminder of this star shower, named comet, following an easy confusion between shooting stars and comet.
There can be no doubt that 30 years earlier, Halley's comet crossing in its rapid passage an exceptional alignment of planets, struck such an attentive observer, what du Moulin, perhaps apocryphally, translated into a "*double tail*" predicting the reunion of the two kingdoms.
For its part, if the hypothesis of comet X/1106 C1 can find certain historical confirmations through the saga of Henri 1st Beauclerc, they are less convincing. Orderic Vital and Sigebert describe this appearance, but the first makes no connection with the events mobilizing this king (Chibnall 1978, p. 69) and Sigebert only considers unrelated aspects. Furthermore, neither Wace (Ed. Pluquet 1827, pp. 305-407), nor a fortiori du Moulin who was inspired by him, make any mention of this apparition. The political use of this astral apparition was therefore much less important than that of 1066.
The spectacular planetary configuration concomitant with the 1066 passage of Halley's comet seems to correspond much better to the illustration given and, in the absence of any other historical element, the representation of Halley's comet of 1066 within of its planetary environment on the Martinvast modillion therefore appears the most plausible hypothesis.

Conclusion

This fairly precise astronomical description of the particular configuration of the stars and planets during the passage of the comet of 1066 cannot exclude a plurality of meanings of the associated symbol which could be that of Saturn, the signum of William, a reference to Regulus and/or or a host, referring to the building itself, or even to the pope.
The modillion on the church of Martinvast thus appears to be a kind of fairly precise astronomical description of the particular configuration of the stars and the planets during the passage of the comet of 1066, perhaps in testimony posted on the church of the papal blessing of the Norman conquest of England obtained by Maminot, "*sagax*" astronomer. It would be a sacralised confirmation of the qualities of both astrologer and intercessor diplomat, of this close friend of William.
Therefore, this corbel is probably a testimony displayed on the church of the papal blessing of the Norman conquest of England obtained by Maminot, "erudite" astronomer whose qualities he would confirm both as an astrologer and intercessory diplomat.
Nearby, Tollevast's modillion of stars is too eroded to give rise to a precise interpretation, but its design and the historical and geographical proximity of the two buildings may suggest that it possessed an astronomical meaning that eludes us. The modillion of a star of the church of Octeville, whose shape is also unique in the region, can also be compared.
The general hypothesis supported by the work in reference (Tessier 2023) is that the organization of these corbel belts and the constitution of their palettes were the subject of oral negotiations between sponsors, ecclesiastical power, artists and population but whose objectives could not be clearly displayed in order to preserve the effectiveness of the Church's political strategies. All the modillions materialize a protective circle, at the interstice between the people and the clerics, between the deceased and the living, punctuated by more official messages and emblems undoubtedly with a political aim but whose meaning escapes most of the time, due to the absence of written records.
In this context, the modillion hapax of Martinvast takes place within the belt that encloses the church

as a wink sent to the only scholars who pass, among a palette of many more popular motifs.

Acknowledgements
The author warmly thanks Élise Haddad and Angélique Ferrand for the details they were able to provide on the representations of stars and constellations, and Professor Jean-Claude Schmitt for all his wise advices and his translations. Thank also to Pascal Descamps Service de calculs astronomiques et de renseignements IMCCE - Paris Observatory for its estimation of the comet's trajectory.

Notes

1. See the comets figured in manuscripts of XIV[th] and XV[th] centuries: 1384 *Bernard Gui Fleurs des chroniques*; 1450 Jacques de Guise *Annales Historiae Illustrium*; 1470 Barthélémy l'Anglais, *De proprietatibus rerum* (Trad. J. Cochon); 1498-1503 Domenico Antonio Ferraiolo, *Cronaca della Napoli Aragonese*.
2. (Sigebert 1511; Thorpe 1861, p. 165; Chibnall 1972, p. 93; Guéret-Laferté 2011, p. 84; Wace 1827b, pp. 140,141).
3. "*On the fourth of the nones of February a star was seen all day in the sky from the hour of the third to the hour of none, as if it were a cubit from the sun (...). On the eve of the Ides of February in Bari, Italy, stars were seen in the sky all day long, sometimes as if they were tracing their path, sometimes as if they were falling to the earth. A comet appeared throughout the month of February*".
4. Software open source Stellarium 0.22.2.
5. Underlined by us.
6. "*In the year 1066/the end* (of the country) *of the English saw the hair of the comet*" (Trans. J. C. Schmitt).
7. "*A comet appeared the whole Easter week*" (Trans. J. C. Schmitt).
8. Manuscript of Winchester 1072.
9. In this representation, we consider "N" as the reference modillion and the negative counts are the neighbouring modifications counted to the left and the positive one to the right.
10. "*Ford the sea for Vire/with great fear and great anger*" (Wace 1827, Tome 2, verses 8834-5, p.22).
11. "*A Chiéresborc et à Roem/A Baieues et à Caem*""*In Cherbourg and in Rouen/In Bayeuxand in Caen*" (Wace 1827, vers 9674-5, p.60).
12. "*Set up a hundred prebends/A hundred poors to eat and clothe*" (Wace 1827, vers 9668-9, p.60).
13. This meteorite shower is mentioned by Sigebert as having been seen in many places (year 1095) but is not reported by Wace, nor by the Chinese, confirming its very localized nature.

Architecture and paintings at the Observatory of Padua: an immersion in the celestial knowledge of the 18th century

Valeria Zanini

Key words
Astronomical Observatory of Padua
Astronomy
History of astronomy
Frescoes
Astronomical Architecture

Introduction

The Astronomical Observatory of Padua was established in the second half of the 18th century, following a scientific and cultural policy implemented between 1761 and 1771 by some progressive Reformers of the Padua University - in particular Francesco Lorenzo Morosini (1714-1793) and Andrea Tron (1712-1785). Reformers issued one of the several renewals that affected the University of Padua during its centenary history; in this case, they intended to give tangible shape to the academic knowledge in the economic and social fabric of the Republic of Venice, especially in the mainland, that hosted real productive core of the Serenissima Republic. To this end, they started the creation of important scientific establishments, such as the laboratories of physics and experimental chemistry, the school of architecture, and the Observatory itself (Del Negro 2000). The request to create a suitable observatory for astronomical studies and university education had been promoted by the holder of the chair of Astronomy and meteors, the abbot Gian Alberto Colombo (1708-1777)[1], since the 1749-50 academic year, but it was his successor Giuseppe Toaldo (1719-1797)[2] who was in charge of the construction when he took over in 1764.

Toaldo was born in Pianezze di Marostica, in a Vicentine agricultural area, then pursued his priestly studies at the Seminary of Padua, where he was ordained a priest in 1743. The following year he was commissioned to edit the second edition of Galileo's *Opere*; he also managed to include the *Dialogo dei*

Massimi Sistemi, which was still on the List of Prohibited Books, accompanied by Galileo's autograph annotations preserved in the copy owned by the Seminary library. Toaldo was then appointed archpriest in the parish of Montegalda, on the border between the Vicenza and Padua countryside; these years of pastoral service in this small agricultural community were very important in developing his interest in the practical applications and social implications of science (Zanini 2023). During this period, in particular, he developed a great interest in the sciences of the sky, above all meteorology which had a significant impact on rural life. He would later devote much of his academic career to this area of research[3]. Called back to Padua to take up the teaching of Astronomy and Meteors, which remained vacant after Colombo, he began lecturing in 1764 and, at the same time, was committed to starting the construction of the Astronomical Observatory, deliberated since 1761[4]. During the autumn of 1765, Toaldo visited the Observatories of Pisa and Bologna with the aim of "obtaining enlightenment and necessary directions be taken", keeping useful information for carrying out the Paduan project. During his trip, he also took the opportunity to see and study "the three most famous gnomons in Italy", namely the one in the dome of the cathedral of Florence designed by Paolo Dal Pozzo Toscanelli in 1475, the one in the Basilica of San Petronio in Bologna built by Gian Domenico Cassini in 1655 and finally the gnomon of the church of Santa Maria degli Angeli in Rome, built by Francesco Bianchini and inaugurated in 1702 (Lorenzoni 1885). The personal verification of the architectural design of these three gnomons was of primary importance to him for the subsequent construction of the meridian line of the Paduan observatory. Upon his return to Padua, aware that it was essential to rely on an architect of proven experience, in order to realize a satisfactory astronomical and architecturally work, he turned to "the most skilled" he knew, i.e., Domenico Cerato (1715-1792)[5] from Vicenza, who had been his fellow student at the Seminary.

Cerato was the adopted son of the Vicenza's Counts Francesco Cerato Loschi di Ciro and Carlina Capra; he began his priestly career in Vicenza, later perfecting his theological studies in the city of Saint Antony. During this period, however, his interest and passion for architecture grew, so he studied the works of Vitruvius, Palladio, and Scamozzi. His activity as an architect began in Vicenza at the late 1740s, mainly in the service of religious orders, and he also opened a private school of architecture here. He was especially famous for the restoration and reuse of run-down buildings, and it was probably the fame he acquired in this sector that led Toaldo to choose him as the best architect to entrust with the project of the Paduan observatory. Cerato also enjoyed the esteem of Reformers "for the knowledge he possesses and for his honour" and for this reason he was commissioned to "engage, following the project with punctuality and faith, to the construction of the Observatory, however always in agreement with prof. Toaldo" (Lorenzoni 1885, p. 161). Thanks to the skill he demonstrated in designing and building the new Observatory, he was appointed public professor and was charged with the new teaching of civil and practical architecture established in 1771.

The alliance between the astronomer Toaldo, who dictated "the use of the places, the orientation of the facades, the location and hierarchies of the instruments, the opening of the slits" and the architect Cerato, who would have divided "the rooms, regulated the connections, made the facade with the monumental entrance decorous" (Ferrighi 2000, p. 170) made the Paduan observatory "one of the most magnificent [observatories] in Europe, and without hesitation the most conspicuous in Italy, due to the size of its building, its horizon, and the facilities for all kinds of observations" (Lorenzoni 1922, p. 53).

The construction of the Observatory

Based on the original Reformers' indications, astronomer and architect initially planned to locate the new Observatory inside the historical University headquarter, and precisely "in the Bo free corner, between the Great School of the Lawyers, and the Machines Chamber, overlooking south, near the Experimental Theatre" (Lorenzoni 1885, p. 150). Thanks to the precious indications provided by the public mathematician Antonio Giuseppe Rossi (?-1776), questioned in this regard by Reformers themselves, however, the main tower of the ancient Carrara castle, which stood about one kilometre to the south of the city, was chosen as the definitive site for the new scientific establishment.

The Carrara castle was built in the 14th century by the homonymous family, who was Lord of the city since 1318, on the abandoned remains of an earlier 13th century fortification commissioned by Ezzelino III da Romano; in the second half of the 18th century, the castle, named *Castelvecchio*, was partly steep and partly still used as a military building[6]. The castle portions assigned to the new scientific establishment were the main tower and the adjacent east side, which became the 'astronomer's house'. As Toaldo argued, indeed, it was necessary that "a complete astronomical observatory [contains] three parts: the factory, the instruments, and the astronomers"[7]. The transformation of the tower into an astronomical observatory was drastic [fig. 1]: the interiors completely lost their spare medieval structure, and an octagonal upper observatory was raised at the top, for observing the sky in every direction. Only non-perishable materials were used for the interior works,

1.
Southern section of the castle before the transformation (left) and project for the Observatory and astronomer's house (right). The upper observatory was built above the tower, while the meridian room was built above the entrance (Historical Archive of the Padua Observatory, *Album Cerato*, tav. II, VI).

such as bricks and stones from Costozza, Monselice, and Istria, to ensure durability, while "four large iron chains were applied to reinforce the vault that forms the head of the tower, in place of the pre-existing deformed and damaged wooden chains", so a solidity to the entire building was provided (Lorenzoni 1922, p. 55). The lower observatory was also built *ex-novo*, held on to the west by the tower and to the east by the astronomer's house; from an architectural point of view, it is "a very daring, suspended room, supported by a cross vault resting on pillars suitably reinforced by Cerato" (Ferrighi 2000, p. 169).
The lower and upper observatories were the main working environments for the Paduan astronomers; Toaldo intended that these two rooms should not only be devoted to the astronomical activity, but they also had to play a role in developing knowledge in the Observatory's users, whether they were scientists, illustrious guests or even just passing visitors.

The *Meridian Room* and its fresco

From an astronomical and architectural point of view, the most significant chamber of the Paduan Observatory is undoubtedly the lower observatory, which Toaldo and Cerato designed to become an entire instrument-room. Designed for the observations of celestial objects during their meridian transit, it took the name of *Meridian Room*. The meridian line carved in 1777 can still be seen here[8]; it was the first instrument that astronomers used to make their observations, as it was essential for identifying the plane of the celestial meridian. The wall of the mediaeval tower was already oriented to the cardinal directions[9], therefore the new room, built at 16 meters high up flanking the east wall, was also astronomically oriented: the meridian line was parallel to the east and west walls, while the gnomonic hole was opened on the south one [figs. 2, 3].
Tracing the meridian line required a whole year of work: the corresponding heights of the Sun were recorded day by day, and at first, a provisional line was identified, detected by a wire suspended above the marble band installed on the floor. Before engraving the definitive line, the astronomers moved the wire to east or west, depending on the necessary corrections deduced from daily observations; in particular, they verified that "the instant of true midday on the clock [was] in agreement with the instant of the transit of the centre of the image [of the Sun] across the line, which then stopped as correct"[10].
The true midday in the Observatory was measured using the meridian line, and thus the proper functioning of the astronomical clocks, both those set to mean time and those ser to sidereal local time, could also be verified on a daily basis; the local sideral time clocks were also verified through the stars' observations made with the mural quadrant during the night [fig. 4]. The impressive instrument was made by the famous english instruments-maker Jesse Ramsden (1735-1800) in 1776 and became operational in 1779 after being placed on the west wall of the room. This instrument was used to observe the height of the stars during their meridian transit, thanks to a long, narrow opening running south to north across the ceiling, closed in the last century. This measure, and the determination of the exact sidereal time of the transit, were crucial to calculate the astronomical coordinates of the stars. This quadrant, having a radius of eight english feet (equal to 244 cm), was one of the biggest and most accurate instruments of the time[11]. This room, however, was not only an observation chamber but was also designed as a teaching space: a large fresco (340x325 cm) was painted on the east wall to illustrate, with great precision, the solar system as known at the end of the 18th century [fig. 5]. The planetary orbits of the heliocentric system[12] are depicted in the centre of the fresco, while the planets, according to their relative size, as they appeared when looking through the telescopes of the time, are shown at the bottom right. On the left side, are depicted the Earth, Moon, and Sun in the geometric configuration that gives rise to the eclipses of the Sun and Moon, respectively. Above is Saturn with its five known satellites, four of which were discovered by the italian astronomer Gian Domenico Cassini (1625-1712). Finally, at the top right, Jupiter is surrounded by the orbits of the four Galilean satellites discovered in Padua by Galileo Galilei in January 1610. Also depicted in this fresco, on the right, there is the orbit of the famous Halley's comet, starting from its return to perigee in late 1758, early 1759[13].
There are no similar frescoes known in other astronomical observatories, so the Paduan depiction is a *unicum* on the national and international panorama. Moreover, it has another characteristic that is not visible to a superficial observer: the positions of all the planets, and the satellites of Jupiter and Saturn in their orbits are not random but refer to the astronomical configuration of the sky on a precise date, which Romano (1995) identified as June 11, 1766, while Pigatto (2007, p. 61) associated with June 6 of the same year. Both dates work with the position of Halley's comet in its orbit (it is indeed represented exactly halfway between 1766 and 1767, with its tail). The precise date probably refers to some official act performed by Reformers to assign the tower as the site for the new Observatory, although, according to Lorenzoni (1922, p. 40), "no trace remains of this documentation". There are no known documents of the time that testify the presence of this painting in the room and his painter is unknown. He is probably the same artist who also painted the full-length portraits at the top of the tower, discussed in the next

2.
The meridian line engraved in the floor of the lower observatory (Photo by the author).

3.
The gnomonic hole of the meridian line, located on the south wall of the lower observatory (Photog by the author).

4.
Ramsden mural quadrant, placed in the meridian room in 1779 (Photo by the author).

5.
The fresco depicting the solar system in the meridian room. Above the door connecting this room with the astronomer's house is a commemorative plaque dedicated to Giovanni Santini (Photo by the author).

section. However, the painter could not work on his own, but had to be led by the astronomer Toaldo, for obtaining the astronomical and geometric instructions necessary to correctly place the planets and their satellites in the right ecliptic positions, referring to the desired commemorative date.
The fresco and meridian line had been lost from memory in the 1960s and 1970s, as both had been covered when the room was adapted for educational purposes. The floor had been covered with linoleum, the wall of the fresco was white-repainted, and a blackboard was installed. The restoration of this chamber was carried out on the occasion of the celebrations of the 200th anniversary of the birth of Giovanni Santini (1787- 1877), the third director of the Observatory[14]. This was the first of a series of actions carried out between 1987 and 2006 to recover the Paduan historical-astronomical heritage.

The pictures of the *Figure Room*

The upper observatory was built at 35 meters high up. This octagonal room had six large windows almost 6 metres high, with special blinds which could originally slide into the walls so that the astronomers could observe the sky in every direction. A terrace, wider to the south, had also been built all around the room, and the various types of instruments stored here, such as telescopes and movable quadrants, could be moved outside. These instruments were mostly equipped with supports on wheels so that they could easily be moved outside. From this room, it was possible to observe comets or planets with a small elongation, such as Venus and Mercury, which were not visible during their meridian transit due to the sunlight surrounding them. The upper observatory, like the meridian room, was to combine research and didactic activities. Toaldo firmly believed that the wide dissemination of scientific knowledge in society was an absolute priority of applied science, and he conceived the cycle of paintings in this room with this aim in mind. It consists of eight life-size portraits of famous personages in the field of astronomy and meteorology, from antiquity to the 18th century, painted between 1772 and 1773 by Giacomo Ciesa (1733-1822) from Vicenza [fig. 6]. Arranged in chronological order and from right to left all around the room, they are: Claudius Ptolemy (100-170 AD ca.), the great Greek-Alexandrian astronomer who had organized and arranged the entire astronomic and mathematic knowledge of the ancient world in the 2nd century AD, providing a solid mathematical basis for geocentric cosmology, which survived him for over a thousand years; Nicholas Copernicus (1473-1543), the Polish canon and astronomer whose *De Revolutionibus orbium cœlestium* unhinged the dominant cosmological view in the mid-16th century; the Danish Tycho Brahe (1546-1601), the best pre-telescopic observer, who improved the accuracy of astronomical data by a factor of ten thanks to remarkable technological implementations on the instruments he set up in Uraniborg; the well-known Galileo Galilei (1564-1642), holding his *perspicillum*, which allowed his immortal astronomical discoveries, and wearing his toga, the symbol of his title as university professor; Johannes Kepler (1571-1630), Tycho's last assistant who inherited Mars' observations, which enabled him to formulate the three laws bearing his name; Isaac Newton (1643-1727), whose theory of universal gravitation completed the astronomical and scientific revolution started by Copernicus. Above the entrance door, there are two other scientists who played a very important role in local history: Geminiano Montanari (1633-1687) and Giovanni Poleni (1683-1761). The former was an eclectic scientist who dealt with astronomy, physics, engineering, hydraulics, and economics, and who dedicated much of his research to demonstrating the non-scientific nature of astrology. Poleni was the creator of the '*Teatro di Filosofia Sperimentale*' (Theatre of Experimental Philosophy), i.e., the first physics laboratory within an Italian university; he was a talented meteorologist, and his work in this field was a reference for Toaldo. Above each portrait, in smaller frames, are monochrome chiaroscuro scenes and figures, almost all taken from Greek mythology. Their symbolic meaning is closely linked to the below scientist (Pigatto 1999). For example, the myth depicted above Galileo shows the shepherd Endymion with whom *Selene* - the Moon - fell madly in love; she thus descended to Earth to meet him. Endymion was, therefore, the first man to know the true face of the Moon, just as Galileo was the first man to understand the true nature of our satellite [fig. 7]. Ciesa's portraiture mainly refers to the chalcography by Gerard Hoet (1648-1733) and Joseph Mulder (1658-1742) inserted before the frontispiece of the *Astronomica Institutio* by the Dutchman Joannis Luyts (1655-1721), published in 1692 [fig. 8].
The choice of this reference iconography is at least singular, as Luyts, a professor at the University of Utrecht, was a Dutch mathematician and astronomer of the second rank, still attached to Aristotelian philosophy. His *Astronomica Institutio* certainly was not a reference work for 18th-century astronomy, not even as iconography, the works of Johannes Hevelius or Gianbattista Riccioli being available.
It was probably chosen not so much for its scientific content as for the variety of figures depicted on its title page, which could provide the painter with many of the models he needed to produce the commissioned portraits. Still, the result was very charming: Lucia Zarantonello's degree thesis (2017) highlighted the didactic and commemorative significance of these paintings, which were meant to dia-

6.
Partial view of the frescoes in the upper observatory. Recognisable from right to left: Copernicus, Tycho Brahe, Galileo, and Kepler (Photo by the author).

7.
The portrait of Galileo Galilei and the mythological scene depicting Endymion and the Moon (Photograph by the author).

8.
Antiporta of the work *Astronomica institutio*, by Joannis Luyts, published in 1692 (Wikimedia Commons image).

Image p. 172:
View of the *Figures room* of the Specola in Padua with portraits of Copernicus, Tycho Brahe and Galileo, from right to left (Photograph by the author)

logue with the visitor both through their correlation with the mythological scene above and through the specific interpretation of certain iconographic details of each portrait. The lost paintings on the vault had also to play an important role in the dissemination of scientific culture. On the vault, indeed, there was "the band of the Zodiac with the figures of its twelve signs, and with the stars that belong them" and "the Copernicus' system expressed through fables" (Diario 1788, p. 74). Unfortunately, rainwater infiltrations from the large windows and the upper terrace heavily damaged Ciesa's pictorial cycle just a few years after its completion. In the mid-19th century, the room was entirely re-frescoed, covering the figures and the vault. The latter was repainted with concentric circles of stars in Giotto's style, and sixteen medallions were painted all around it depicting illustrious scientists in astronomy and celestial mechanics fields (Hipparchus, Ptolemy, Copernicus, Galilei, Kepler, Cassini, Newton, Maraldi, Bradley, Herschel, Lagrange, Laplace, Bessel, Gauss, Piazzi and Oriani). The eight life-size frescoes were only recovered in 1998 thanks to the restoration supported by the Astronomical Observatory (Pigatto 1998; Pigatto 2007). The 18th century vault, irreparably damaged, was lost with the 19th century reconstruction, and no trace remains of the 'Copernican system' testified to in contemporary sources.

Conclusions

While the architectural interventions carried out in the Paduan Observatory at the end of the 18th century were merely functional to astronomical practice, the pictorial cycle was intended to dialogue with a broader public than the academic and university audience. The paintings adorning the meridian room and the upper observatory at the top of the tower, named *Figures Room*, allow any visitor, whether educated or illiterate, an immersive experience through astronomy progress from antiquity to the eighteenth century, even today.

Notes

1. About Gian Alberto Colombo, see: Pigatto 2002.
2. About Giuseppe Toaldo, see: Bozzolato 1986; Pigatto 2000; Pigatto 2002.
3. Toaldo is considered one of the founders of modern scientific meteorology by contemporary historians of science; his main works in this field are: Della vera influenza degli astri, delle stagioni, e mutazioni di tempo, saggio meteorologico.. edited in 1770 and re-edited in 1781 and 1797, also published in German and French, and La meteorologia applicata all'agricoltura (1775).
4. The Decree of the Senate of the Republic of Venice which established the Padua Observatory was dated May 2, 1761 (see Lorenzoni 1885, p. 145).
5. About Domenico Cerato see: Ferrighi 2002; Donvito, Zaggia 2016.
6. There is a vast bibliography on the castle of Padua and its history; see in particular: Bressan 1986; Beltrame 1995; Valenzano 2019.
7. Giuseppe Toaldo, Giornale del mio viaggio in Toscana e di Roma 1765, manuscript from the Padua Seminary Library, I miei viaggetti, cod. 799, t. I, quoted in: Ferrighi 2000, p. 167. Large passages of this handwritten report drawn up by Toaldo during his 1765 journey, are reported in Lorenzoni 1885, pp. 151-157 and Bozzolato 1986, pp. 140-145. According to Pigatto (Pigatto 2000, p. 77 footnote), the first volume of the manuscript code 799 disappeared from the Padua Seminary Library in 1984.
8. The line is engraved on a marble band 19 Paris inch (51.5 cm) wide and as long as the width of the room, or eight meters. The gnomonic hole, 8 lines in diameter (1.8 cm) is located on a horizontal brass plate fixed to a marble capital inserted in a cylindrical concavity in the south wall. The hole is 10 Paris feet, 6 inches and 4 lines (3.41 m) high.
9. The common perpendicular of the north and south facades of the tower deviates only 40 minutes toward the west from the meridian line. (Lorenzoni 1896, p. 13).
10. Archive of Accademia Galileiana di Scienze, Lettere ed Arti, 1626/xiv, b.12, ms. 343, Relazione, ovvero Descrizione degli Stromenti della Specola di Padova. Memoria dell'Ab. Chiminello. Quoted in: Pigatto, Xausa 2006, p. 59.
11. For an in-depth description of the instrument, please refer to the online description: <https://www.beniculturali.inaf.it/opac/musei/patrimonio-scientifico-tecnologico/quadrante-murale-di-ramsden> (consulted on April 30, 2023).
12. It should be noted that the process of reforming book censorship ordered by Pope Benedict XIV was concluded only in 1758 and it led to the ban repeal on printing and distributing books that supported heliocentrism. The heliocentric fresco of the Paduan observatory, which was painted between 1767 and 1777, was therefore commissioned by the priest Toaldo as soon as Catholic astronomers and Italian scientists were finally free openly support the Copernican system.
13. The return of the comet in the times calculated by astronomers based on Newton's gravitational theory, with scarcely a month of error, was an extraordinary result for the new science born by the revolution started in 1543 thanks to the publication of De Revolutionibus orbium cœlestium by Copernicus.
14. A commemorative plaque placed in the meridian room, above the connecting door to the south wing of the Observatory, once the astronomer's house, is dedicated to Giovanni Santini (see fig. 5).

Astrological representations in the Genoese sixteenth century. Allegories and iconographies of the zodiac signs

Martina Castaldi, Michela Scaglione

Key words
Drawing
Astrology
Time
Genoa
Frescoes

Introduction

The origins of astronomy and astrology date back to ancient Babylon (about the fourteenth century BC), where it was believed that the stars exerted an action on human life, weather and harvest. As is well known, the influence of the stars in the different spheres of life runs widely and uninterruptedly through the cultures of all eras and civilisations.

During the Renaissance, the two disciplines were closely linked; astrology was connected to other sciences such as botany, zoology, and medicine (Carey 2004, pp. 345-363). Medical astrology, for example, is a very ancient practice already theorised by Claudius Galen Nicon of Pergamon (Pergamon, 129 - Rome, c. 201-216), Greek physician-surgeon and philosopher of the Roman Empire, who developed a humoral theory arguing that life resided in the blood and that every part of the human body could be traced back to a zodiac sign. Astronomy, medicine and the sciences, in general, were aspects of the same practice of consulting and studying the stars and the sky, as can also be deduced from Ptolemy's *Tetrabilos*: "The Egyptians were aware of this more than anyone else, they developed the possibilities of astrology and closely linked astrological prognosis to medicine. They would certainly not have sought to influence the general and particular conditions of the environment, future and present, by amulets, talismans, and remedies of various kinds if they had been convinced of the immutability and inalterability of the future"[1]. Astrological images are widely used to adorn architectural spaces of all civilisations and historical periods: in the West, they were often used even inside churches as symbols of time: the sun is often related to the image of Christ, while the twelve zodiac signs depict the twelve apostles.

Astrology in art

Art was not unaffected by the influence of astrology because numerous decorations and images with an astrological theme are found in churches, noble palaces and even papal ones (Casali 2005). From the Middle Ages to the Renaissance, a remarkable series of astrological-themed decorative apparatuses, with distinct typological characteristics ran through the Italian artistic-architectural production: from calendar systems (in which the months are linked to the corresponding sign) to seasonal cycles related to human activities, from celestial maps to the genesis of astrological signs. Different graphic elements were used within the exact representation: a symbol, a symbolic human figure or the related seasonality. Many of these frescoes depicted the stars through mythological figures associated with the planets and zodiac signs; for example, the planet Venus was described as a precise female figure, while the planet Mars was associated with a warrior male figure.

A very complex and required subject for creating frescoes in the large representative palaces of noble families was the depiction of personalized horoscopes, i.e. the precise image of the sky in correspondence with important events, or at the time of the client's birth. These astral charts accurately described the exact position of the stars in the sky and then evoked their influence on future events; the aim was probably to demonstrate the greatness of one's family through the reading of a destiny already written in the stars (Castagnola 1989). In some of the new palaces that the aristocratic families of Genoa had built during the sixteenth century, it is possible to find significant examples of astrology's influence on court life in that period.

The research aims to create an iconographic and symbolic analysis, both in geometric and chromatic forms, of the depictions of Genoese palaces of the sixteenth century: the frescoes of Palazzo Angelo Giovanni Spinola, Palazzo Lomellino, Villa del Principe and Palazzo Doria Spinola will be illustrated.

Genoa in the sixteenth century

During the sixteenth century in Genoa, also thanks to a flourishing period of commercial and economic success in the city, the renewal of the urban fabric began, and two new types of buildings were established: the palace and the villa. The feverish need of the rich to renovate their medieval residences and transform them into sumptuous palaces in Renaissance fashion will last throughout the century. It will have its most excellent example in the project dated 17 March 1550 of the Via Aurea[2] which saw the demolition and subdivision of the previous medieval urban fabric (Poleggi 1968). These buildings were immediately appreci-

ated by architects, intellectuals and artists of the time; Vasari argues, "many affirm that in no other city in Italy can there be a street more magnificent and grand than this one, nor more full of rich palaces" and Pieter Paul Rubens in the 1622 text Palazzi di Genova represents and highlights Genoese architecture and in particular that of Strada Nuova. These buildings also fulfilled the new need to meet the demand for luxury accommodation to accommodate prominent visiting personalities; the Rolli, called initially "Rolli of the public quarters of Genoa", were a list of noble residences that could fulfil this purpose. The general list of the Rolli family was, in turn, divided into bands of prestige based on the family that owned it, the luxury of the residence and the location; these divisions were called compasses and, based on the area within them, it was indicated more precisely which type of personality the palace was able to accommodate (Montanari 2016, pp. 77-106). The inclusion of the Ligurian capital in the Grand Tour resulted in the restyling of public and private buildings, entailing a necessary adaptation to the taste of the time; in particular, the painted decorations were influenced by fashions from other Italian cities. Among these is that of the horoscope.

Palazzo Angelo Giovanni Spinola

Palazzo Angelo Giovanni Spinola, located at number 5 in Via Garibaldi in Genoa, was built in 1558-1564 for the homonymous Angelo Giovanni Spinola, ambassador of the Republic of Genoa to Spain and banker of Emperor Charles V of Habsburg. The façade, the work of the brothers Lazzaro and Pantaleo Calvi and del Semino is smooth and with polychrome frescoes depicting architectural elements, events from Roman history, soldiers in uniform and commanders, symbolic representations and war scenes; the whole is aimed at celebrating and exalting the military exploits of the Spinola family. The atrium, of considerable size, has a roof with a square base surmounted by a lunette-decorated pavilion vault decorated with frescoes. The central painting, octagonal in shape, depicts the Battle of Gherardo Spinola against the Florentines in 1330[3], the work of Marco Antonio, Aurelio and Felice Calvi; around the oval cartouches are the allegories of Virtue, such as the Christian faith and eternal glory; the sides depict the most illustrious Spinolas such as Gherardo, lord of Lucca and Tortona, Oberto and Galeotto Spinola. In this painting by the Calvi, there are several references to the work of Perin del Vaga made in Genoa; in fact, if the atrium of the palace is a sort of pantheon of the Spinola family, it is because the Calvi family were stylistically inspired by the decorations of the Loggia degli Eroi of Villa del Principe frescoed in 1529 by Perin del Vaga with the function of praising the main exponents of the Doria family (Montanari 2018).

Inside the lunettes of the pavilion vault, the entire cycle of the zodiac signs is represented. They are placed inside circular frames of modest size compared to the rest of the decoration and adorned externally with fine grotesque paintings on a light background [figg. 1, 2]. The position of the signs in the plan follows the traditional order of the zodiac but takes care to place the so-called fixed signs, or signs of the middle of the season, in the central lunettes while the rest are paired in the corner ones. The choice to place the signs of Taurus, Leo, Scorpio and Aquarius in the middle of the sides of the walls of the room was probably made to celebrate Angelo Giovanni Spinola. The client, in fact, seems to have been born on February 14, under the sign of Aquarius, and therefore the placement of this sign is placed above the entrance of the palace; This choice, as for all the rest of the decoration in the atrium, would seem to be a further celebratory element of the family and of the applicant himself. To defend this preference, which sees the signs of the mid-season in the central position, the Calvi represent them using the human allegory of the season and placing the symbol of the zodiac in a reduced size inside a crown of clouds in the space at the top of the frames. Taurus, or spring, is characterised by a prosperous and luxuriant female figure surrounded by baskets full of flowers; the Lion, or summer, is identified as a female figure from behind placed within a naturalistic context that presents an individual with a scythe in his hand who is intent on harvesting wheat; Scorpio, or autumn, is symbolised by a male figure surrounded and adorned with vines intent on celebrating with a satyr; and finally, Aquarius, or winter, represented by a male figure placed next to a fire, perhaps it is the same Angel Giovanni Spinola who is represented wrapped in purple drapes symbolising royalty[4]. As for the remaining signs, they are all described, with larger dimensions, in the upper part of the frame and inserted within a crown of foaming clouds. The frames all have as their main subject a naturalistic view, which changes the colors from the warmest to the coldest depending on the season in which the sign falls; Curiously, they are depicted with the lights of the sunset, perhaps as a reference to the stars and the link of the zodiac with the sky itself.

Palazzo Nicolosio Lomellino

Palazzo Nicolosio Lomellino, or Podestà, located at number 7 in Via Garibaldi in Genoa, was built in 1559-1565 for the homonymous Nicolosio Lomellino Centurione, a coral merchant on the rise in the Genoese aristocracy thanks also to his kinship with Andrea Doria. The façade, designed by Marcello Sparzo[5] and designed by Giovan Battista Castello, known as "Bergamasco" and Bernardino Cantone, is enlivened by very fine cream stucco decorations that emerge thanks to the sugar paper background colour. The stuccoes depict winged female busts intent on

1.
Plan representation of the cycle of the zodiac signs in the atrium of Palazzo di Angelo Giovanni Spinola in Genoa (author's elaboration).

2.
Detail photograph of the astrological signs Aquarius, Taurus, Pisces and Aries of the entrance to Palazzo di Angelo Giovanni Spinola in Genoa (author's elaboration).

supporting the string course cornice on the ground floor; the frame of the first floor is supported by ribbons, drapes and trophies of arms. Crowning the windows are garlands and masks inside oval medallions. This particular stucco decoration, which here for the first time sees the entire façade of interest, had recently been brought to Genoa by Perin del Vaga, who had used it to decorate the Prince's villa. Also, in this case, the atrium has the same stucco decoration on a blue background; the decoration develops starting from the central oval medallion which represents a scene of triumph of a leader surrounded by masks that connect with four putti seated on the perimeter frame who, in turn, hold festoons of fruits, which relate to the frames of the four bas-relief stories, alternating with other ephebic figures seated on the cornice (Pesenti 2000, pp. 289-295).

Inside, the palace contained several pictorial cycles in three rooms on the main floor, dating from between 1623 and 24 and the work of the painter Bernardo Strozzi. Covered by the second owner of the palace Luigi Centurione, they were brought to light with the restorations of 2002. The allegory of the Christian faith was found in the first room, represented by a woman intent on disembarking on dry land from a lifeboat with the four Evangelists and two sailors. In the other two rooms, the frescoes' condition was more precarious than in the previous one. The subjects found are the allegory of navigation (adorned with tritons) and the allegory of astrology [fig. 3]. The astrology room, the only one of the three that overlooks Strada Nuova, has a square plan covered by a pavilion vault with lunettes and maintains its original dimensions unchanged. The dominant colour in this room is ochre, which is the background colour of the pavilion vault. The central part has a square frame depicting the allegory of astrology. The latter is represented as a female figure dressed in a blue cloth and with large red wings who has in one hand a celestial sphere in which there is a Hydra in the centre and the other hand a compass, both attributes of astrology. At the same time, there is a white eagle at the feet. The Hydra and the Eagle are among the oldest constellations also testified by Ptolemy's catalogues. The Hydra can be identified in several legends that depict it as a monstrous snake with several heads precisely because the constellation of the same name is one of the longest in the southern hemisphere and has multiple pairs of stars. The white eagle also has a double interpretation, the first is that it is a symbol of man's connection with the spirit; the second is that the eagle, in the Hellenic-Roman allegory, was the symbol of power and supreme divine messenger as well as being linked to the myth of the transformation of the god Zeus-Jupiter. Astrology is framed by a garland made of white festoons; the peculiarity of this decoration is that it was not completed, thus leaving the possibility of seeing the traces of squares and black plaster of the preliminary design of the fresco by Strozzi (Mori 1987).

Villa del Principe Andrea Doria

The Villa del Principe was built between 1527 and 1533 by Andrea Doria: after starting his career as a soldier of fortune, Andrea obtained important positions in the service of the Pope, Giovanni della Rovere and Francis I, King of France, before allying himself with the Spanish Emperor Charles V in 1528.

When he reached the height of his power, Andrew decided to build a mansion for his "honest patio", as indicated on an inscription on the north façade of the palace. He then called the Florentine artist Pietro Buonaccorsi, known as Perin del Vaga, a pupil of Raphael who was inspired by the model of the Hellenistic-Roman porticoed villa and designed the first Renaissance residence in Genoa.

Doria's military and political career is closely related to the history of his Genoese suburban villa of Fassolo, outside the city walls: the original nucleus was established in August 1521 with the purchase of a modest farm from Jacobo Lomellino, a member of an important Genoese noble family of Fassolo.

The Palace hosted Emperor Charles V in 1533, who, after docking at the villa's private port, was welcomed in Genoa with all honours and stayed for the occasion in the residence of his admiral Andrea.

Andrea Doria's successors, including his wealthy great-grandson Giovanni Andrea I, continued to grace the residence and gardens over the years.

The house has a long monumental portico overlooking a beautiful Italian garden and the seashore, where the galleys of the Doria fleet were anchored right in front of the residence. For the piano nobile, Perin del Vaga created a pictorial cycle inspired by Ovid's Metamorphoses, which celebrated the patron and his family (Gorse 1985).

In his glorifying program, Pier del Vaga celebrated the destiny of the Doria family as a path of inevitable greatness both in family lineage and in astrological destiny, finally celebrating the admiral personified by the God Neptune.

The Camera della Zodiaco took up a fashion of the period which is to celebrate the family through the manifestation of a favourable astrological destiny: the frescoes and stuccoes, unfortunately, intricate to read due to the bombings of the Second World War, presented in the lunettes the twelve zodiac signs, the seasons and other allegorical figures. In the vault of the room, there was most likely Andrea Doria's horoscope.

Only four of the twelve signs have survived: Pisces, Capricorn and Aquarius are clearly legible, while a fourth figure is not recognizable; all the signs are represented in the sky of a landscape view with the symbol inserted in the constellation of stars that represents them (Parma 1997) [fig. 4].

3.
Photograph of the frescoed vault of the Astrology Room of Palazzo Nicolosio Lomellino in Genoa (photo by the author).

4.
Photograph of the frescoed vault of the Camera dello Zodiaco in Palazzo del Principe Andrea Doria (photo by the author).

Palazzo Doria Spinola

The Doria Spinola palace was built in 1541-43 for Admiral Antonio Doria in the Acquasola area of Genoa and was included in the prestigious Rolli list in 1575. in 1624, it passed to the Spinola family, who raised it by one floor. The palace's area is of considerable strategic and socio-political importance, as it is located close to the monastic complex of Santa Caterina.

The Doria family, thanks also to the economic and political power they enjoyed, brought to Genoa the feverish desire for construction and renewal that would last throughout the Renaissance, anticipating the project of Strada Nuova in Genoa with the subdivision and building of the new noble palaces (Barbieri, Bertelli 1999, pp. 447-474).

The interior is distributed around a square courtyard loggia with Doric-style capitals that lead to the private rooms and connect to the gallery built under the Spinola family. The interior frescoes of Palazzo Doria Spinola are by Luca Cambiaso, Valerio Castello and the Calvi family, depicting the exploits of the Doria family compared to those carried out by figures of ancient Rome. The palace underwent an urban renovation in 1850, which led to the elimination of the Renaissance gallery and the cutting of the right corner of the main façade, the original appearance remaining documented only in the Flemish panels executed by Pieter Paul Rubens.

In the entrance hall overlooking the street, the lunettes are decorated with allegorical figures of Greek and grotesque divinities except the two placed on the staircase leading to the central courtyard where, instead, we find two zodiac signs: the sign of Pisces and Capricorn represented in their traditional symbolic form [fig. 5].

These two signs are juxtaposed with two different types of headdresses that represent the symbols of temporal and spiritual power: most likely, these are the zodiac signs of Emperor Charles V (born February 24, 1500) and Pope Pius V (January 17, 1504) pontiff at the time of the decoration by the Calvi of the Palace.

The decorations are probably a form of celebration and homage to the two political and religious figures, and also the manifestation of the power of the Doria family and the important relations that it had in the sixteenth century.

Conclusions

In sixteenth-century Genoa, the economic and political ferment brought a profound change to the urban level with the introduction of the type of palace and villa to meet the needs of the new political and aristocratic class.

Astrology in this historical period is considered a science and is part of the cultural debate of the time with influences also in the civil and religious spheres.

There are numerous testimonies of the influence that astrology had on the decorations of the palaces of the Genoese sixteenth century: the use of symbols and allegories within these frescoes is declined according to the fashion of the period and in any case always to celebrate families, owners of the property or particular historical events.

Acknowledgements

Although in full agreement with the ideas expressed in this article, the paragraphs "Introduction", "Astrology in Art", "Villa del Principe Andrea Doria", "Palazzo Doria Spinola", "Conclusions" are to be attributed to Michela Scaglione, while "Genoa in the sixteenth century", "Palazzo Angelo Giovanni Spinola", "Palazzo Nicolosio Lomellino" are to be attributed to Martina Castaldi.

Notes

1. Feraboli S., Tolomeo C. (1985). *Le Previsioni Astrologiche (Tetrabiblos)*. Milano: Mondadori.
2. Via Aurea today is known as "Strada Nuova or Via Garibaldi", but this name was given to it only in 1882 when it was dedicated to Giuseppe Garibaldi <https://www.museidigenova.it/it/strada-nuova-patrimonio-unesco> (last access 27/04/2023).
3. Gherardo Spinola's Battle against the Florentines took place in 1330 and was considered one of the most significant victories of the Spinola family.
4. During the Passion, Jesus was dressed in purple to mock him as "King of the Jews." This is because even before that, the colour purple was a symbol of royalty. In Exodus, Moses was commanded to make the Tabernacle "out of ten cloths of fine linen, purple, purple, and scarlet" (Exodus 26:1). And in 2 Chronicles 3:14, we read that King Solomon was also commanded to decorate the temple in Jerusalem with cloths of this colour.
5. Marcello Sparzo (Urbino, 16th century – Urbino, 1616) was an Italian sculptor and master plasterer, among the first to use stucco on a large scale in Genoa; he used this technique at the Palazzo del Principe on Perin del Vaga and at Palazzo Nicolosio Lomellino with Bergamasco.

5.
Photograph of the entrance to Palazzo Doria Spinola (photo by the author).

Image p. 182:
Atrium of the Palazzo di Angelo Giovanni Spinola in Genoa (photo by the author).

The digital survey of the Farnese Globe: some new considerations

Fabrizio Bònoli, Manuela Incerti, Alessandra Pagliano

Key words
Astronomical Observatories
Swedish Solar Astronomy
German Solar Astronomy
Cultural Centers
Architecture

The Farnese Atlas

"In casa di M. Bernardino di Fabij a le boteghe oscure, presso S. Lucia.
Nella corte di questa casa è un busto grande di Atlante senza braccia, né viso: ma ha su le spalle aggobbate una sphera marmorea, con tutti i circoli e segni celesti, che per cielo sono, di mezzo rilievo iscolpiti […]" ("In the house of M. Bernardino di Fabij at the Botteghe Oscure, near St Lucia. A large bust of Atlas without arms or face is in the courtyard of this house: but it has a marble sphere on its hunchbacked shoulders, with all the circles and celestial signs which are in the sky in half relief carved") (Aldrovandi 1550, p. 230).
These words by Ulisse Aldrovandi (1522-1605) are probably the oldest known description (Thiele 1898, pp. 19-26) of the large statue now exhibited in the Salone della Meridiana in the National Archaeological Museum of Naples (MANN), universally known as Farnese Atlas (Coppa s.d.).
The Atlas was sold in 1562 by the art dealer Paolo del Bufalo to Cardinal Alessandro Farnese (1520-1589), together with other artworks, and it was then inherited by the Bourbons of Naples and placed in the Royal Bourbon Museum in the early nineteenth century. A first restoration of the missing parts was requested by the Farnese to the sculptor Guglielmo Della Porta (1515-1577), who strove to reconstruct the face, part of the head, arms, legs and base. A second restoration was carried out in Rome by Carlo Albacini (1734-1813), before being moved to Naples in 1786 (Valerio 2005; Coppa s.d.; and references therein).

The celestial globe

The first known image of the statue is from 1575, shortly after Aldrovandi's description, by the Dutch humanist and antiquarian Stefanus Winandus Pighius (1520-1604), who showed in a drawing its conditions prior to restoration (Thiele 1898, fig. 1, p. 20; Dekker 2013, fig. 2.16, p. 85). Pighius was also the first to try to develop in plan the celestial globe supported by the Titan (Valerio 1987; Valerio 2005). Some of the main astronomical reference circles are reproduced in relief on the globe: the ecliptic with the zodiac belt, the celestial equator, the tropics, the solstitial and equinoctial colures and two circles that some identified as the arctic and antarctic ones (and we will continue to call them like so for simplicity). The latter actually are, respectively, the circles of apparition (ever visible) and occultation (never visible) of the stars, which define the limits of the continuous star visibility zones for an observer placed at a given latitude. A hollow is in the upper part of the globe, whose function has not yet been explained, although it has given rise to several hypotheses (we will talk about later). The 12 zodiacal constellations are represented in bas-relief, together with 19 northern and 14 southern constellations, but the main stars that gave shape to the ancient images of the constellations are not marked. We will see that this has been one of the problems for the dating of the statue. All constellation figures are presented in the so-called convex form, as seen from outside the celestial sphere by someone – a superior being, a divinity – able to govern and order what happens in the Cosmos. As a consequence, the figures appear inverted with respect to the vision, which we could say "normal", of anyone who observes the sky from the Earth. Even the flow of the celestial vault takes place in the opposite direction. This was customary since ancient times in the description of the sky, both in the plane figures and on the globes, which began to change only from the seventeenth century (Bònoli, Marcacci 2019, pp. 58-59).
Being the origin and the epoch of its construction unknown, the attention to the statue was soon turned to its valuable artistic aspects and, later on, to the astronomical study of the celestial globe to try to dating it from the description of the sky there represented.
The Veronese Francesco Bianchini (1662-1729) was the first to study the globe from the astronomical point of view (Valerio 1987; Tinazzi 2005). A figure of great culture and versed in many disciplines, Bianchini had studied in Bologna and Padua, where he had as a teacher for astronomical studies Geminiano Montanari (1683-1687), in turn successor in the Bolognese chair of Astronomy of Giovanni Domenico Cassini (1625-1712), called at the Observatoire Royal in Paris. Bianchini moved to Rome in 1684 where he built a splendid and complex meridian line in Santa Maria degli Angeli, in the footsteps of the

1.
Sequence of steps in *Metashape* for the generation of the textured 3D model.

2.
Detail of the shooting for photogrammetric survey: back side the photographic shots are less since the Atlas was leaning against a wall and therefore it was hardly accessible on its back.

3.
3D mesh with high-definition textures: first orthographic projection.

4.
Analysis of hollow visibility on the globe by progressive distances.

Bologna gnomons by Cassini in San Petronio and Montanari in Palazzo Pietramellara. In Rome he dealt mainly with historical and archaeological issues, until the Pope appointed him "President of the antiquities".
In 1695 Bianchini took advantage of Cassini's voyage to Rome together with his son Jacques, astronomer as well, and asked him to study the globe in its astronomical structure. Cassini tried to deduce the location of some stars from the shape of constellations and pointed out, inter alia, that the first star of Aries (Hamal) was shifted by 10° from his times position, and that the Bull's eye (Aldebaran) was 40° away from the first point of Cancer. Therefore, in their opinion the positions would have been comparable with Ptolemy's star catalogue of the second century AD. The results were later described by Bianchini in a manuscript entitled *Globus Farnesianus*, now in Chapter Library of Verona Cathedral (*Biblioteca Capitolare della Cattedrale di Verona*), posthumously published in 1752 by his nephew Giuseppe in *Demonstratio historiae ecclesiasticae* (vol. I, part I; Fiorini 1899; Valerio 1987; Tinazzi 2005). The interest of the two astronomers for the Farnese globe is also confirmed by the gift that in August 1712 Bianchini brought in Paris to the now elderly and sick Cassini (he died on September 14): "u*n modèle du Globe Céleste du Palais Farnese*", a model that seems to have never been found again (Cassini 2003, p. 374).
Some years ago, Vladimiro Valerio (1987) carefully analysed the studies and the results reached by the two astronomers, also showing some inaccuracies, justifiable for the time. The conclusions of the Veronese astronomer were: "*sculptum fuisse hoc marmor, & Antonino Pio oblatum ad ornamentum Bibliothecae, una cum fixarum Catalogo per Ptolemaeum, exacto ad ejus Imperii Epocham*" ("that marble was sculptured and given to Antoninus Pius as ornament for his library, together with the catalogue of the fixed stars by Ptolemy just calculated for the time of his reign") (Valerio 1987, p. 102). Therefore, the Atlas would have shown on the globe the description of the sky made by Claudius Ptolemy (ca. 100-168) in the Almagest around the year 137 and would have been made at the time of Antoninus Pius (86-161), as also suggested by a coin of the Emperor showing on the reverse a quite similar image of Atlas (Tabarroni 1956a; Tabarroni 1956b; Tabarroni 1973). La statua riscosse l'interesse di folkes
A few decades after Cassini's voyage to Rome, the statue attracted the interest of the English intellectual Martin Folkes (1690-1754), who later was editor of Newton's posthumous works and President of both the Royal Society and the Society of Antiquaries. On his grand tour in Italy between 1733 and 1735, Folkes had a plaster cast of the Atlas made to take to England (now lost) (Lippincott 2011). He measured on this copy the angles between hundreds of points, so making an orthomorphic equatorial stereographic projection that came down to us only thanks to its reproduction in the 1739 London edition of Manilius' *Astronomicon* by Richard Bentley (1662-1742) (Bentley 1739).
This eighteenth-century projection by Folkes – obtained, we remember, from a plaster cast – has served as the basis for most of the subsequent studies, starting from the description by Georg Thiele (1898), who however backdated the work to the time of Hipparchus (ca. 190-120 BC). More recent was the photogrammetric survey of the statue carried out in 1980, on occasion of the *Atlas* display at the Centre Georges Pompidou for the exhibition *Cartes et Figures de la Terre*. The survey served to Valerio (1987) to instead confirm the Cassini's and Bianchini's dating to the Antonine epoch. A reconstruction from digital photographs has been later made by Bradley Schaefer (2005), who backdated the sculpture to Hipparchus' times; work which was however subjected to various criticisms (Valerio 2005; Farnese Atlas 2005; Duke 2006; Lippincott 2011; Lippincott 2016). Not to mention the extensive and accurate description of the late nineteenth century by Matteo Fiorini (1899, pp. 9-25), who moreover discussed the *Farnese Atlas* into a historical path on celestial globes, he too suggesting a dating to the Antonine epoch.
In brief, we are facing over a span of about four hundred years, and even today we often find a definition of the Farnese Atlas as "a second-century-AD Roman copy of an earlier Hellenistic original of the second century BC".

The problem of the globe astronomical dating

The globe dating involves two research themes:
a. to understand from the iconography of the constellations to which description (from an epoch prior to or contemporary to sculpture) they could refer;
b. to understand from the positions of constellations and astronomical circles to which star catalogue (from an epoch before or contemporary to sculpture) they could refer.
We will not deal here with the first problem – iconography – since much and in an extensive and detailed way has recently been written by Kristen Lippincott and Elly Dekker (Lippincott 2011; Dekker 2013; Lippincott 2017). We report only a couple of comments by the two authors, particularly significant in this regard:
"Artists do not always follow faithfully the sources they are supposed to copy but create their own pictorial language and use traditions outside the astronomical context. […] The astronomical accuracy of a globe is no issue for the sculptor of a decorative

5. Analysis of hollow visibility on the globe by progressive distances: the statue has been placed on a 1 m high pedestal.

6. Detail of the 3D model with the inclination of the bases of the truncated cone carved into the globe.

7. Section of the model with the vertex of the cone along the vertical axis passing through the center of gravity of the statue base.

globe, the stories that can be told about the constellation figures are more to the point. It is therefore to be expected that the iconography was adapted in the copying process" (Dekker 2013, p. 97).
"From an art historical point of view, neither iconography nor the style in which the constellation figures have been carved offer any significant clues to a more definitive dating. It is worth pointing out that, whereas the forms of the constellations depicted on the Farnese Globe may have echoes of earlier Hipparchan elements, the details of several of the figures themselves are definitely Roman" (Lippincott 2016, p. 58).
Furthermore, as before suggested by Thiele (1898, p. 30), it should be ascertained whether the artist made it carefully, slavishly following the model of a celestial sphere, or if the constellations were only his decorative addition, thus undergoing some, today unpredictable, changes.
It is thus clear that the first point – iconography – does not lead to a certain conclusion.

The astronomical measurement accuracy

The second point is concerned with the measurements of the astronomical features and it is not at all simple, particularly in two respects.
The first point to underline is that the stars are not marked on the globe, as mentioned above, so preventing us from directly deriving their coordinates to compare them with star catalogues. Scholars tried to identify locations of some stars from the shape of the constellations (just like Cassini and Bianchini did first), but one can imagine how accurately. Moreover, what catalogues are we talking about? Studies have focused mainly on two works: Hipparchus' *Commentaries on Aratus and Eudoxus*, and Ptolemy's *Almagest*. The first, only surviving work of Hipparchus, was probably written around 150 BC. It is a critical commentary in form of a didactic poem on the earlier *Phaenomena* of Aratus, dated around 275 BC, in turn based on that of Eudoxus of about 366 BC (Manitius 1894). The constellations are there described, how they and their stars are positioned with respect to the main circles and how they rise and set at various times of the year. Hipparchus would have compiled a real star catalogue around 127 BC, as a result of his own observations, but only some fragments of this lost catalogue have been found just few years ago through multispectral images of a palimpsest (Gysembergh V. et al. 2022). Thanks to the comparison between his own observations and those of 150 previous years by Timocharis and Aristillus, Hipparchus would have been the first to discover the precession of the equinoxes.
This is a slow conical motion of the Earth's rotation axis around the pole of the ecliptic that takes about 25770 years: the result is a similar apparent motion of the entire celestial vault at the rate of 50.26 arcseconds per year. Of course, also the celestial equator rotates together with the celestial sphere, so that the two points where the equator intersects the ecliptic – the equinoctial points, respectively "first point of Aries" or "gamma point" and "first point of Libra" or "omega point" – recede by the same amount, i.e. one degree in 72 years.
We apologise for this this astronomical digression, needed to explain how the equator-ecliptic intersections on the Farnese globe would allow to go back to the time of the catalogue that the artist (or the astronomer who may have guided him) would have used as a reference.
As a matter of fact, the other work mentioned above, the Ptolemy's Almagest, dated around the year 137 (and of which we do not consider any presentation necessary here), is about 265 years later than the lost Hipparchus's catalogue. Thus, simply multiplying the number of degrees by which the equinoctial points are shifted on the ecliptic by the annual value of the precession would give the epoch of the used catalogue. But, as always, life is not easy! Which precession value to use? Certainly not today's 50.26" per year. Hipparchus seems to have estimated this value at 48"/y, while according to Ptolemy it would have been 36"/y. In any case, the difference of about 265 years between the two works would then solve the problem.
And this brings us to the second respect before mentioned. Not only the accuracy of the measurements performed since the seventeenth century must be taking into account, but above all the accuracy with which the sculptor may have worked in bringing the circles and figures back to the globe, assuming that the artist had wanted to faithfully represent the celestial vault.
Let us explain: being the globe circumference about 203 cm, 1° corresponds to 0.56 cm, i.e. 1 cm is equal to about 1°46' on the maximum diameter. This means that a half-a-centimeter justifiable error made by the artist with the chisel leads to mispositioning by almost two degrees: a ± 0.5-cm working accuracy gives an error bar of ± 53' (just under two degrees). It is also worth noting that the thickness of the bas-reliefs varies from 0.3 to 0.6 cm.
Moreover, the shift of the equinox, which is about 1°23' in a century, according to Ptolemy was slower: 1° in a hundred years, well within the ± 0.5-cm error bar. We may thus conclude that the positions marked on the globe of the equator-ecliptic intersections can oscillate by at least a couple of hundred years, roughly the difference between the Hipparchus' and Ptolemy' catalogues. The same conclusions were also reached, among others, by Valerio (1987) and Duke (2006). The accuracy of both Hipparchus and Ptolemy is estimated between half a degree (opti-

8.
Detail of the second model (only the sphere) in wireframe mode.

9.
On the page to the right, at the top, the intersection of the equatorial plane with the mesh. At the bottom, the planes containing the tropics and the Arctic and Antarctic circles and the celestial equator. It is evident in the side view (orthographic) the lack of parallelism between the planes.

10.
Detail of the curves generated by the operations described in the figure on the previous page (celestial equator in red).

11.
At the top of the figure is the intersection of the planes containing the semicircles of the equinoctial colure with the mesh. The black line represents the intersection between the planes. On the left, in blue and green, the detail of the curves of the equinoctial colure.

mistically) and one degree (Paci 1913; Duke 2002, and references therein), i.e. less than or equal to half a centimeter on the Farnese globe. Hence the need to perform measurements of the structures on the globe with the most modern detection techniques (as we will describe below). If only so that we can say, with Galilei's *Sidereus Nuncius*, "*ut et altercationes omnes, quae per tot saecula philosophos excruciarunt, ab oculata certitudine dirimantur, nosque a verbosis disputationibus liberemur*" ("and so all the disputes that for so many centuries tormented philosophers dissipate with the certainty that it is given by the eyes, and we are freed from verbose discussions").

The instrumental survey and preliminary considerations

The survey of the sculpture, carried out for a previous research project,[1] was performed by means of digital photogrammetry. We used a total of 990 photographs taken with a Canon EOS 250D SLR camera (6000x3368 px), which is suitable for focusing on semi-reflective surfaces such as the Atlas marbles. The digital photogrammetry software used was Agisoft Metashape Professional [figs. 1,2]. It was not possible to use a flash; two reflectors with semi-transparent white light diffusers had to be installed to increase the brightness of the room and the marble surface itself. The reflectors were positioned in advance to achieve the best balance between the softness of the light and the shadows cast on the marble surface. The reflectors' position remained unchanged throughout the entire photographic campaign. The mesh polygon number of the entire statue, later reduced to obtain a lighter model suitable for dissemination, has 981,464 vertices and 1,918,026 faces, while the Globe alone (separate from the general model) has 186,007 vertices and 359,587 faces. We paid the utmost attention to the processing of the ultra-high resolution texture which maps the 3D model to obtain a perfect digital, not only in terms of geometry but also in terms of material-surface characteristics, which allowed us to query the 3D model obtained in search of the traces and signs of possible transformations over the centuries. This searching for traces, which strongly characterises the analysis of works in archaeological terms, on a three-dimensional digital model is enriched by the possibility of verifying the hypotheses made in relation to the overall geometry of the forms, always relating each detail to the unicum of the object. An initial analysis showed that the celestial sphere appears flattened at the top: the 3D model has allowed us a first reasoned analysis of this surveyed detail. Many historians speculate that, like most of Roman statuary, the Atlas is a Hellenistic marble copy of a Greek bronze original, made for the Museion in Alexandria, Egypt (Giulierini 2021). Figure 3 clearly shows the conical cut-out in the marble block, which has cancelled out the constellations Ursa Major and Ursa Minor, as well as interrupting the bas-relief of the constellation Dragon in the circumpolar area. We know that the statue was found without its head and arms and that it underwent some substantial restoration work between the 16th and 17th centuries. The first restorations were carried out in the 16th century by the sculptor Guglielmo Della Porta who replaced the missing parts. The face with part of the head, arms and legs as well as the plinth were added to the statue, and the joints on the marble surface are still visible today (Valerio 2005). The position of the carved truncated cone appears to be particularly related to the apparent contour of the marble globe, and thus to visual assessments aimed at hiding its presence. The statue is 190 cm high and probably, in analogy to other famous classical statues exposed in public spaces, stood on a pedestal, whose size is unfortunately unknown, but which certainly increased its total height to over two metres. It is clear from the sequence of images in Figure 4 that an observer of medium height (eye at 1.50 m above the ground) positioned approximately 9 metres from the statue begins to see the excavation. The verification was conducted by setting up a digital camera at each of the viewpoints analysed, with the axis of the visual cone coinciding with the visual radius that is tangent to the marble globe's surface. However, if the Atlas is placed on a pedestal 1m high, the top hollow is visible only at a distance of more than 9m [figs. 5,6]. Of particular interest was also the identification of the bases of the excavated truncated cone, which are roughly parallel. The geometric-dimensional analysis of the 3D model also revealed that the cone apex is located along the vertical axis passing through the centre of gravity of the statue's circular base [fig. 7]. This data could therefore validate the hypothesis that the sphere was excavated following the 16th century restorations that restored the Atlas' torso with the missing legs, thus determining its final static set-up, which, however, required a significant lightening of the globe's weight for static reasons.

The Analysis of the Model

Although the obtained data unquestionably have lower accuracy and precision than what could be achieved today with structured light laser scanning, they still appear adequate for investigating the geometric questions underlying our research through necessary graphic operations. For this phase, a new model of the globe only was created to increase the mesh detail, using the same photographs from the previously described campaign. This resulted in a mesh with 3,080,214 vertices and 5,899,988 faces with submillimetric side lengths [fig. 8]. The two produced models, the entire Atlas and the globe

12.
At the top of the figure is the intersection of the two planes containing the semicircles of the solstitial colure with the mesh. The black line represents the intersection between the planes. Below, in pink and green, the detail of the curves of the solstitial colure.

13.
At the top of the figure is the intersection of only the three front planes from table 4 (1a, 2a, and 3a) related to the ecliptic band. Below, for better readability, the detail of only the three front curves.

only, were overlaid and examined sequentially.
The reading of the sculpted astronomical circles was performed within a free-form modelling software (Rhinoceros 7) by creating appropriately traced planes.[2] Starting from the celestial equator, planes containing the tropics, the two Arctic and Antarctic circles, the solstitial and equinoctial colures, and finally, the ecliptic with the zodiac belt were drawn. The intersection of each plane containing these elements[3] and the model's mesh allowed extracting the profiles of the curves representing them. Subsequently, these profiles were compared with the circumference that best approximates them.
Already from the initial operations, it was possible to notice that, in several cases, the astronomical circles are not strictly planar curves. This geometric detail, not discernible in previous research due to the technologies available at the time, influences the interpretation of their shape, which literature has attempted to attribute to the precision sought in the construction of astronomical instruments. As we will see in more detail below, it is not possible to find the exact centre of the sphere with respect to which to measure the mutual inclinations of the system of celestial circles (since it is not a perfect sphere). Instead, we can proceed by analyzing the relative positions of planes of the same type, such as parallels, for example. For this reason, it is not possible to compare the data elaborated here with those of previous studies since the underlying geometric assumption is different. With that said, below are the outcomes of the analyses.
First, the mutual inclination of the planes containing the tropics and the Arctic and Antarctic circles

reference plane	compared plane	angle between planes in decimal degrees
equator	Arctic circle	3,112°\
equator	Tropic Cancer	0,312°
equator	-	0,000°
equator	Tropic Capricorn	0,563°
equator	Antarctic circle	2,479°

Tab. 1.
The measurements were obtained by comparing the orthogonal projection to the equator with the orthogonals to the four considered planes (second column).

equinoctial colure		angle between planes in decimal degrees	
reference plane	compared plane	direction 1 of the plan	difference compared to 90°
equator	anterior equinoctial colure	92,00°	+2,00°
equator	posterior equinoctial colure	86,59°	-3,41°
anterior equinoctial colure	posterior equinoctial colure	5,51°	

Tab. 2.
Measurements of the angles between the equator and the two planes containing the semicircles of the equinoctial colure. The last row shows the measurement of the angle between the two equinoctial meridian planes.

solstitial colure		angle between planes in decimal degrees	
reference plane	compared plane	direction 1 of the plan	difference compared to 90°
equator	anterior solstitial colure	91,93°	1,93°
equator	posterior solstitial colure	86,61°	-3,39°
anterior solstitial colure	posterior solstitial colure	6,123°	

Tab. 3.
Measurements of the angles between the equator and the two planes containing the semicircles of the solstitial colure. The last row shows the measurement of the angle between the two vertical planes identified for the solstitial colure.

ecliptic planes 1a/1b 2a/2b 3a/3b		
reference plane	compared plane	angle between planes in decimal degrees
1a center front	1b centro back	1,571°
2a top front	2b top back	0,153°
3a bottom front	3b bottom back	1,039°
equator	ecliptic (plan 1a)	24,34°
equator	ecliptic (plan 2a)	24,77°
equator	ecliptic (plan 3a)	25,18°

Tab. 4.
Measurements of the angles of the six planes of the ecliptic (front and rear). The last three rows show the angles between the equator and the three front planes.

concerning the celestial equator was measured [figs. 9,10], which, by definition, should all be parallel to each other.[4] The measurements obtained are indicated in table 1. These initial non-zero angular measurements already indicate some geometric approximations made by the sculptor during the execution phase.[5] Recalling, as previously stated, that 1° corresponds to 0.56 cm on the maximum diameter, the error due to the lack of parallelism on the Tropic of Capricorn is approximately 3 mm, while for the polar circles (actually difficult to read due to their shape and position), it is about 1.5 cm.

The second group of astronomical circles considered consists of the equinoctial and solstitial colures, which are the two great meridians passing through the celestial poles and, respectively, the equinoctial and solstitial points. Already from the first attempts to trace the two planes containing these colures, it becomes clear that they are not planar curves. For this reason, to better approach the morphology of the curves, it was deemed appropriate to divide both colures into two vertical semicircles (front and back) through two different planes. The angle between these semicircles and the equatorial plane was then measured, and it was possible to verify the lack of orthogonality [fig. 11], as deduced from the values collected in table 2. The same geometric reasoning (two semi planes and their intersection with the celestial equator) can be applied to the solstitial colure [fig. 12], thus obtaining table 3. For both pairs of semi planes, the value of the included angle exceeds 5°.

These angular measurements make evident the existence of 4 meridian semi planes whose intersections, in pairs, generate two skewed lines. For this reason, it is not possible to rigorously determine the celestial axis of the system and, consequently, its intersection with the equator, which constitutes the geometric center of the sphere.

Similar geometric reasoning can be applied to the zodiacal belt, represented by the circle of the ecliptic and its upper and lower edges. In this case, we encounter a situation similar to the colures (though much less pronounced), necessitating the division of the astronomical circles into two parts: the front and the back, to adhere more faithfully to the profile's trend. Six planes were traced: ecliptic (front 1a and back 1b), upper line (front 2a and back 2b), lower line (front 3a and back 3b), the mutual inclinations of which are described in table 4 [fig. 13]. The angular value of the inclination of the ecliptic plane concerning the equatorial plane is 24.34° for the front semi plane (front 1a). Considering the intersection of these two planes containing the ecliptic with the front solstitial colure (Cancer), two coplanar lines are obtained, whose included angle measures 24.07°, a value closer to the one proposed by Ptolemy (23.18°) compared to previous readings. However, the intersection between the two lines results in a point far from the hypothetical center of the theoretical sphere since the equator and the considered colure are not orthogonal to each other. If the angles between two planes are those between two lines orthogonal to them, the value of 23.34° is more accurate to define their mutual inclination. The obliquity of the ecliptic proposed by Vladimiro Valerio (25.18°) probably appears different because, as shown by the measurement on the colure plane, even minimal mutual inclinations generate different intersections and thus, different angles.

From the mutual intersection of the three significant planes – the equator, ecliptic, and colure – it is possible to derive the value of right ascension, which in the case of the γ point of Aries measures 3.73°, while for the Ω point, it amounts to 2.05°. However, measuring these two angles entails a higher level of arbitrariness than usual, especially since near the mentioned points, the curvature of the circles intensifies (thus resulting in not planar curves), perhaps to enhance the visibility of these important points on the globe.[6]

Due to the geometric reasons described above, it is clear that it is not possible to rigorously identify the sphere that best approximates the globe through its center. Approximately, a theoretical sphere [fig. 15a] adjacent to the real surface (thus trying to exclude the bas-relief elements) has been drawn, which was then compared with the model's mesh. From this and the analysis of the profiles obtained from planes passing through the great circles, deformations of varying degrees can be identified. This includes the flattening at the top of the globe, as well as minimal alterations corresponding to Atlas's hands. These conditions are fairly evident from the analysis of the deviation of points graphically represented in figure 15b.

The model ultimately allows us to extract new information related to the volume, and consequently, the potential weight of the artwork, estimated at around 1.3 tonnes, given that the volume of the entire statue measures 0.473 m^3. The globe, on the other hand, has a volume of about 0.192 m^3, corresponding to approximately 349 kg in weight.[7]

Conclusions

In closing, we can say that the tracing of astronomical circles on the Farnese globe shows some geometric irregularities, most likely due to its realization technique; sure enough many curves are not continuous but have interruptions due to astral images [fig. 16], hands and head of the Atlas. Recovering with good approximation the accuracy of spherical curvature near these occlusion elements undoubtedly appears to be a virtuosity by the artist. The belonging to different half-planes of some important semicircles suggests two different tracing phases attributable to

14.
At the top of the figure is the summary of the geometric elements of the sphere obtained from the intersection of the mesh with the notable astronomical planes. On the left, all profiles without texture: note the irregularity due to the presence of the astral figures.

15a.
The theoretical sphere made by approximation.

15b.
Analysis of deviations between the theoretical sphere and the mesh. Note in orange the parts that deviate most from the chosen geometry because they correspond to protruding figures (more than 15 mm) or recessed areas (upper hole edge). At the top left, the set parameters.

16.
Farnese Atlas: detail of point γ.

Image p. 192:
Top view of the Farnese Globe (National Archaeological Museum of Naples).

the geometric operations, probably made with the help of plumb wires and ropes.[8] Angular distances are easily measured with a compass, once the raw sphere is made, whereas plotting planes requires more complex geometric operations that may have led to the anomalies highlighted above.
It is therefore evident that this sculpture cannot be the subject of analysis as one would do on an astronomical instrument. For this reason, it is not possible to hypothesise in a plausible way and from astronomical correspondences alone which star catalogues were used for its outline.

Credits and Acknowledgments
Although the text is the result of the joint work of the authors, paragraphs are credited as follow: "The Farnese Atlas", " The celestial globe", The problem of the globe astronomical dating" and " The astronomical measurement accuracy" to Fabrizio Bònoli; text and images of " The instrumental survey and preliminary considerations" to Alessandra Pagliano; text and images of "The Analysis of the Model" to Manuela Incerti. We would like to express our gratitude to the Director of MANN, Paolo Giulierini.

Notes

1. The survey was conducted as part of the research activities of the *I Capolavori del Mann* project, aimed at digitizing and enhancing 15 extraordinarily valuable artworks from the Naples museum's permanent collection. This initiative involved the creation of personalized multimedia tours for different age groups. The survey operations were carried out by Marco Lucignano and Laura Papa, to whom we express our gratitude.
2. These techniques for analyzing mesh models have been adopted in previous studies by the authors, including (Incerti 2022a; Incerti 2022b; Pagliano 2022).
3. The planes were inserted by selecting three points belonging to the mesh. Due to the nature of this operation (manual rather than automatic), several attempts were made to choose the plane that best approximated the curvature of the circles.
4. Since the selection of points is operator-dependent, it was determined that the error range (average of values generated from various attempts) is less than 0.1°, equivalent to 6 arcminutes, which corresponds to 0.12 cm.
5. This geometric condition had already been highlighted by Valerio (1987, p. 105); however, as mentioned above, the data are not comparable due to differences in geometric assumptions and measurement techniques (angles between planes rather than lengths).
6. In the case of these planes, given the anomalies of the lines near the γ and Ω points, attempts were made to impose a local translation (without changing the mutual angles). The consequence of this operation is that the value of right ascension can only decrease, and this variation is smaller than described in previous researches (differences must be attributed to the different procedures and methods used).
7. To conduct this analysis, the mesh was cut with a sphere approximating the shape of the globe.
8. The brief treatise on sculpture by Leon Battista Alberti, *De Statua* (ca. 1464), appears very suggestive, even if very distant in time. An instrument called *definitor* is described in it. It is made by a rotating graduated circular disk and a plumb line hanging from it (p. 122ter in the 1804 edition). The positions of the points in space were therefore determined through polar coordinates and height. The presence of the large hollow on the top of the globe could perhaps also be due to the need to fix a measuring instrument, as well as to lighten its weight.

The Gnomonic study Of Sundials. The filter hat of the *La Baumette* ex-convent in Angers

Francesco Di Paola, Manuel Pizarro

Key words
Sundials
Filtering Cap
Gnomon
Parametric model
La Baumette

Introduction
The results of a multi-disciplinary research project are presented that delves into some aspects concerning the treatment of the measurement of time, which has been of great interest since ancient times, including in the application of Representational Science methods. The evolution of the design of Sundials, devices for the graphic representation on earth of the apparent motion of the Sun orbiting the celestial vault, bears testimony, over the centuries, to the different cultural approaches that trace salient moments in geometric/mathematical thought. The everlasting desire to understand, control and measure the regular diurnal and annual light phenomena has allowed, over time, to set up theoretical geocentric models capable of regulating and schematising with good approximation the reading of the complex celestial real system (Ronca, 1976).The analysis of the trajectories of the Sun's apparent motion and the graphical transposition on surfaces of any geometric nature of the shadows cast by the different positions of the star by means of a 'gnomon', imply in-depth studies of projective geometry, of processes to determine sections and intersections of ruled surfaces, and of shadow theory according to the methods of

descriptive geometry (Pagliano, 2012, 71-88; Savoie, 2001; (Perrucci, 2014).
The study, initially, retraces the well-known conventions shared and corroborated by gnomonic treatises, synthesising a parametric graphical-geometric digital model that allows for the description and control of the geometric-spatial setting of the Sun/quadrant system (Fantoni, 1988, Schaldach, 2021). Subsequently, among the known categories of Sundials, the study delves into the specific type that has a cylindrical ribbed dial surface, describing its properties and perculiar features. There are several portable and monumental examples of the cylindrical dial typology, but the research investigates an unusual and scarcely studied one-of-a-kind example, named in the 1970s by the gnomist Renè J. R. Rohr: the cylinder with a 'filter cap' gnomon.
In Europe, it is rare to find such dials, with the exception of France, which is the Country with the largest number of examples, but interesting testimonies are also preserved in Italy, Germany and Spain. The research already underway aims to catalogue and describe the typology and state of preservation of Sundials, in general, better defined as "framed" (Savoie, 1998, pp. 38-43) whose location is known, in order to implement over time a documentary archive of interest to gnomonics enthusiasts and scholars. To date, 12 examples have been documented, 5 built between the 17th and 19th century (including the historic Pingré Sundial in Paris) and 8 built from the 20th century onwards (1 lost in the Olympic Tower in Munich). Reference information is provided for scientific dissemination accompanied by geographical and gnomonic information according to convention.
This contribution describes, in particular, an interesting example of a multi-gnomon 'filtering hat' Sundial preserved in the ancient Convent of La Baumette, near the town of Angers (Maine-et-Loire, France).
The geometric constructions of the operation of a vertical declining Sun quadrant were elaborated following the procedures of Representation Science methods, using the well-known *GeoGebra* software, open source interactive dynamic geometry, for didactic-educational purposes. The three-dimensional models, algorithmic definitions and simulations were elaborated within the well-known *NURBS* modelling software *Rhinoceros,* with the implementation of plug-ins such as *Grasshopper* and *Ladybug*, allowing the solar diagram to be simulated, the procedural flow to be managed and different spatial configurations to be determined in relation to the set parameters.

Parametric graphical-geometric model of the celestial vault/quadrant system

A theoretical model can conventionally be constructed to build a Sundial and to measure diurnal and annual light phenomena. To understand the functioning of a Sundial, some clarifications are necessary. Some observations and data that are indispensable to set up the geometric reasoning are summarised below, referring to scientific texts for specific in-depth studies on the subject (Docci et al. 2017).
The reciprocal position of the Earth with respect to the Sun and the latitude of the location being considered are a consequence of the variation in the length of day and night over the course of the year. To indicate the position of the Earth relative to the Sun on different days of the year, an angle called solar declination, hereafter δ, expressed in sexagesimal decimal degrees, is used. This angle is defined as the angle between the line joining the Earth to the Sun and the equatorial plane. Let us place at the centre of the celestial vault, instead of the Earth, an observer G who is in a certain geographic position on Earth (latitude, longitude). This approach reproduces our daily experience when observing the sky: the Sun in its apparent motion describes circular trajectories all with the same lie, whose inclination depends on the geographical coordinates of the location (latitude, longitude) and whose amplitude depends on the time of year (Di Paola, 2018) [fig. 1].
The following elements are needed to build a Sundial:
- The Sun, the engine of this machine.
- The gnomonic point made up of a stylus (defined as: 'polar', if inclined according to the earth's axis of rotation; "orthostyle", if placed in a normal direction to the surface of the dial).
- The quadrant, a curved flat surface, concave or convex, regular or irregular, suitable for receiving the shadows of the gnomonic point.
- The hour lines drawn on the surface of the quadrant. These lines are determined by sections of the quadrant with the planes to which the axis of the celestial vault belongs and the circular trajectories geometric locations of the points where the Sun marks the same hour on different days of the year.
- The diurnal lines drawn on the surface of the quadrant that describe the course of the shadow during a specific day of the year. The determination of these conic curves is given by the section of light cones, having their vertex in the exterior of the gnomon and circular lines described by the apparent motion of the Sun on the celestial vault on the days of the year, with the quadrant surface (Migliari, 2012).
The main diurnal lines, in the most frequent case of a flat quadrant, are:
1. the equinoctial line, the geometric locus of the shadow points carried by the gnomon on the quadrant, corresponding to the path that the Sun takes on the days of the spring (21 March) and autumn (23 September) equinoxes; the value δ equals 0 when, at all locations on earth, the day is as long as the night.
2. The two conical hyperbolic solstitial curves, ge-

1.
Parametric geometric drawing of the celestial sphere in relation to a vertical declining quadrant; identifica\tion of day lines: light cone method. (Scheme by the authors)

ometric locations of the shadow points carried by the gnomon on the quadrant, corresponding to the paths the Sun takes on the days of the summer solstice (21 June, hyperbola branch with concavity downwards, angle value δ+23.5°) and the winter solstice (21 December, hyperbola branch with concavity upwards, angle value δ, -23.5°).
Based on these general considerations, the study presents the definition of a three-dimensional parametric model useful for the in-depth studies and subsequent simulations described in the study, which, through the control and management of an algorithm, allows for the modification of geometric-spatial characteristics (latitude; longitude; solar declination; δ; lie, size and type of quadrant; stylus length; position of the Sun on the various days of the year and at different times of day) [fig. 2].
The model represents the celestial vault with its equator and the main diurnal circles traversed by the Sun, corresponding to particular days in the arc of the year (the main, equinoctial and solstitial days of summer and winter) whose position is related to the latitude of the place of observation.
In the exploratory study of the geometric figures under study, the use of the *GeoGebra* software, developed in *JAVA Script*, it has shown itself to be a very useful cognitive investigation tool because it has allowed us to delve into the intrinsic relationships of the geometric entities through the manipulation (displacements and rotations) of control points in the constructions performed. Within the well-known software, a vertical declining quadrant was represented in multiple orthogonal projections. Having assigned the control parameters (Latitude Longitude of the location; length of the orthostyle; solar declination, δ; quadrant dimensions; gnomonic declination), during the construction process, it is possible to validate initial hypotheses, conjecture and verify properties and relationships that remain unchanged or vary during geometric transformations.
From a didactic point of view, the geometric procedure can be learnt and matured by reproducing the constructions of the geometric places 'step by step'.
For vertical quadrants positioned along the north-south direction, it is also possible to digitally realise multiple configurations of the hour diagram by varying the gnomonic declination (the measure in degrees of the angle between the vertical east-west plane and that of the wall itself). At each angular value of the clock position, one is able to realise the hour and day lines by updating them to the new set-up.
This experimental approach made it possible to enhance the interaction between the theoretical-conceptual and figurative component in the reasoning of descriptive geometry, offering opportunities for didactic reflection to sharpen the cultural and educational knowledge of the Science of Representation (Di Paola et al. 2013) [fig. 3].

The gnomonic column and the cylindrical filter cap dial

The design of the Sun dial along the surface of a cylinder presents itself as a problem of intersection between real and luminous quadric surfaces. Unlike a more traditional plane Sundial, the hour lines are arcs of ellipses, different according to the inclination that the luminous plane determines with the generatrices of the cylindrical dial.
One of the best known Sundials of this type of representation on cylindrical surfaces is the portable shepherd's Sundial. However, the present work investigates a unique and little-known typology, christened by R. Rhor as a Sundial with a "filter hat" on the basis of two specimens found in Saverne and Lorquin (France) (Pizarro, 2011; Rohr, 1973, pp. 9-12). It seems that the working principle of this type of dial is older than previously thought, as hour lines corresponding to a hat clock were found in the Tower of Winds in Greece, and mentioned by al-Marrakushi in the 13th century and by Athanasius Kircher in the 17th century, with examples in cylinders, dials and cones. In the 18th century, the mathematician Jacques Ozanam attributed this invention to Father Quenet, a Benedictine from the Abbey of Saint-Germain-des-Prés and, years later, Joseph Mollet described its construction in his work *Gnomonique graphique*.
This is a fixed column model with a vertical cylindrical structure that has a circular shape at the top, a frame (resembling a hat) whose shadow cast on the cylinder traces a humped curve symmetrical to the vertical of the Sun with concavity opposite that of the diurnal conical curves. The highest point of the apparent contour of the edge of the 'hat' generates a shadow point that is the lowest on this curve. The latter provides time and date. Over time, since this point is not convenient to locate, making the readings inaccurate, the hat has been modified by reducing it to a dense Sunburst, as if there were many fixed gnomons each oriented towards the Sun at a precise time and date. As a result, the hours are arranged in the opposite direction to that of a classical vertical Sundial at a clockwise angle. Thus, by modifying the structure of the hat, the ray that casts the shadow vertically indicates the point at which the hat's shadow makes the indication of the date and time available with greater precision [fig. 4] (Pizarro, 2010, Savoie, 2014).

The case study: the Sundial with multi-gnomon hat of the Convent of La Baumette (1884, Maine-et-Loire, France)

In Europe, these types of Sundials with hats are rare. Only four historical examples have survived, all of which are in a poor state of preservation in some of their elements (column, hat, gnomon,...) or even relocated elsewhere. The rest of the known hat Sun-

2.
Definition of the algorithm that controls the graphical-geometric scheme of the declining verical quadrant. (Scheme by the authors)

3.
Dynamic geometric construction of a vertical declining quadrant in multiple orthogonal projections. (Scheme by the authors)

4.
Historical hat sundials (17th-19th cent.): Saverne (a), Lorquin (b), Paris (c), Latronico (d), Angers (e)

dials were built in the 20th century (Pizarro 2022, Savoie, 2021; Anselmi, 2000).
This unusual Sundial, built by Albert Cheux and dated 1884, is a unique example. The gnomonic ensemble consists of a sandstone column (more than 3 m high with a radius of 14 cm) with four elements: 2 multi-stylus Sundials on the column and 2 vertical southern Sundials on the pedestal. It occupies a preferential position in the centre of the courtyard, as it is located at the junction of two small paths that separate the green areas of the garden and are oriented on the north-south axis [fig. 5].
The system presents the indication of time both in true solar time and by the Paris meridian with lemniscates for each hour line divided by the two seasonal branches (winter-spring for the upper quadrant and summer-autumn for the lower quadrant). True time (the one related to the movement of the Sun) and mean time (the one invented by man for practical purposes) differ by an amount that varies throughout the year. This difference is called the Equation of Time. The path that the shadow takes is not linear but traces intertwined plane curves on the quadrant that resemble the number 8, which are called *lemmniscate* or *analemma* [fig. 6]. The gnomon set is located to the south of the cloister of the monastery building, next to the main entrance of the enclosure through Place Albert Cheux and at the edge of the path leading down to the banks of the Maine. Each of the pairs of Sundials indicates the hours for six months. The upper one with a filtering hat indicates the average hours of the Paris meridian from 22/12 to 21/06. The lower one with a filtering hat indicates the average hours of the Paris meridian from 21/06 to 22/12. The upper one, vertical and southern plane, indicates the average hours of the Paris meridian from 22/12 to 21/06. The lower vertical and southern plane indicates the average hours of the Paris meridian from 21/06 to 22/12.
The column is at latitude North 47º 48' and longitude West 0º 55' referring to the Greenwich meridian (according to current conventions). More precisely at 47° 27' 01.43 "N and 00° 35' 14.99 "W according to *Google Earth* (47°.4503972 N - 0°.5874972 W). The Paris Meridian is located at the city's astronomical observatory at 02° 20' 11".5 to the East of Greenwich (source: Google Earth); therefore the latitude of the gnomonic complex referred to the Paris meridian is: 00° 35' 14.99" + 02° 20' 11".50 = 02°55' 26".49 (2.924025) West of Paris.
To correctly perform digital simulations referring to the meridian of Paris, it is necessary to set the reference spindle to the zero meridian (that of London UTC) then the latitude of the location rounded to 47.450397 N and the longitude from Paris rounded to 02.924025 W (Anselmi, 2013).
In the spring of 2013, the base of the column was restored with stone from the Poitiers region and the central shaft, which was completely oxidised, was replaced. Although it is currently catalogued and protected by the Loire Heritage bodies, the other parts of the gnomon system are in a state of disrepair due to the lack of skilled craftsmen to carry out the restoration work (the 196 styles of the two quadrants are cut into a single slab of cast iron, the craftsmanship of which is complex) [figs. 7-8].
To validate the geometric-spatial procedures structured within the algorithm, an energy simulation was carried out using other control and environmental analysis tools offered by the *Ladybug plug-in*, which can be imported into the *Grasshopper* platform, displaying the final results in the *Rhinoceros* work interface. The scripts loaded are: *SunPath* and *SunRays* and *SkyDome* to create a 3D Sun path in the *Rhinoceros* scene.
The components output the Sun vectors and for analysing the Sunlight hours and controlling the areas of own shadow and range. To process the calculations, the script needs to store weather data for a given geographical location (the information can be downloaded from a *Browse Weather Data* in *EPW* format (*Energy Plus Weather File*).
The graphic output represents the Sky dome with the circular trajectories of the Astro at various times of the year. If one wanted to mark the position of a shadow on a daily basis, it would lengthen and shorten with the seasons.
In figure 9, one can observe the lemniscate humps curves are a consequence of the actual effect of a physical phenomenon that the Sun performs on the celestial vault at the same time during the year on different days. The shape results from the combination of two things: the Earth's inclination of 23.5° on its axis of rotation and the elliptical shape of the Earth's orbit around the Sun.

Conclusions

The algorithmic-parametric methodology and the in-depth studies of dynamic-interactive geometry applied to the geometric constructions of vertical dial and column Sundials have enabled the acquisition of further cognitive tools, which are also useful for didactic-educational reflections and a greater awareness of the fascinating mechanisms that regulate the Cosmos and light/shadow phenomena. The description and analysis of the properties that regulate the functioning of the instruments studied, and the study of an unusual and scarcely investigated type of Sundial of great historical and cultural value, combine to form a piece of knowledge, fostering the dissemination of gnomonic heritage.

Credits and acknowledgements

In the present contribution, whose methodological

5.
Top view of the Convent of La Baumette (1884, Maine-et-Loire, France)

6.
3D geometric model of the gnomonic set. (Scheme by the authors)

7.
Orthogonal projection view of the couples of filter cap sundials (upper and lower) and the couples of vertical and southern flat sundials (upper and lower).(Scheme by the authors)

8.
Planar development diagram of the hour lines and diurnal lines of the cylindrical La Baumette filter hat sundial. Plotting on the graph of the lemniscate humps curves, dependent on the equation of time, was performed within the *Cartesius Web Evo software* (version 2.39, 2023) by Riccardo Anselmi.

9.
Simulation of the sun diagram and determination of shadows with the specific environmental analysis plug-in: *Ladybug*. (Scheme by the authors)

Image p. 214.
Historic "hat" sundial, Convent of *La Baumette* (1884, Maine-et-Loire, France). (Photo by the authors)

framework the authors shared, Francesco Di Paola drafted: par. "Parametric graphical-geometric model of the celestial vault/quadrant system"; par. "The case study: the multi-gnomon hat sundial of the Convent of La Baumette (1884, Maine-et-Loire, France)" Manuel Pizarro edited: par. "The Gnomonic Column and the cylindrical 'filter hat' dial" The Authors edited together paras "Introduction" and "Conclusions."

For the development and verification of some of the graphics, we would like to thank the scholars and gnomonics experts Riccardo Anselmi, author of the *Cartesius Web Evo software* (release 2.39 del 2023) (http://www.anselmi.vda.it/) and Luigi Massimo Ghia for their support in the construction of the time and calendar lines on the case study column.

The sundial of San Michele in Bosco in Bologna: the digital model for study and enhancement

Gianmarco Mei

Key words
Camera obscura sundial
3D digital model
HBIM
Integrated survey

The Monastery of San Michele in Bosco

The Monastery of San Michele in Bosco stands on the hills just outside the ancient walls of Bologna in a panoramic position over the city and the surrounding area [Fig.1]. The historic building currently houses the Istituto Ortopedico Rizzoli, Scientific Institute for Research, Hospitalization and Healthcare (IRCSS), whose prestige is recognized internationally. In relation to this use, new modern buildings — that house the parts with the highest technological content — have been added to the monumental complex where the sundial is located.

The convent, built on an area where the presence of Christian communities is attested starting from the 4th century, was built in the 11th century. Subsequently destroyed, it was rebuilt, in the form it still maintains today, by the Olivetan Monks. Over the centuries, Pietro Fiorini, Giorgio Vasari, Ludovico Carracci and Guido Reni, among others, took part in its construction and decoration works. From the end of the 18th century, following the suppression of the monastic orders in the Napoleonic age, the building was used as barracks, prison, Villa Legatizia and Villa Reale, until the current Orthopedic Hospital was founded in 1886.

The camera obscura sundial [fig. 2] is located in the corridor on the first floor, called the "long sleeve" due to its imposing size of over 162 m which makes it the longest room in the city. This corridor ends to the north with a serliana window which frames perfectly in axis the Torre degli Asinelli, symbol of Bologna, located 1407 m away [fig. 1], producing to the famous 'telescope' effect: as one moves away from the window (and from the tower itself), the tower seems to grow larger while as one approaches the window and the tower, it seems to get smaller (Incerti, Foschi 2021; Costa, Bonetti 2017).

Ferdinando Messia de Prado, author of the sundial

The gnomonic instrument, as engraved on the marble plate placed at the beginning of the sundial line, was made in 1788 by the Olivetan monk Ferdinando Messia, "professor of Astronomy and Nautical Art at the University of Naples and member of the Academy of Sciences of Bologna". This is Ferdinando Messia de Prado (Naples, November 3rd, 1757 - Naples, June 8th, 1810), born into a noble family of Spanish origin who moved to Naples during the period of the viceroyalty (Gargano, sd). He entered the order of Olivetan Benedictine monks in 1772, the following year he moved to the monastery of San Vittore al Corpo in Milan where he remained until 1778. He then moved to Pavia from 1779 to 1780 in the monastery of S. Bartolomeo, where he attended the environments of the University in which works of pure and applied mathematics elaborated by French, German and English authors were studied. He returned to Naples to the Monastery of Monteoliveto where he held the position of *Lector Mathematicus* from 1782, to which was added in 1786 that of *Lector Philosophus*. Finally, in 1787 he was named *Publicus Regius Professor Astronomiae et Nauticae* and obtained permission to move between Paris, Padua, Bologna and Milan to perfect himself in the use of astronomical instruments (Amodeo,1905). In 1788, due to his particular experience in the gnomonic field, he was called to Bologna by the brothers of the convent of San Michele in Bosco, for the construction of the camera obscura sundial which is the subject of this contribution (Paltrinieri, Frizzoni 1995). In 1799 he took part in the Neapolitan Republic, a government formed in the wake of the Napole-

1.
Left: aerial view of the complex (extracted from *Google Earth*). Right: photo of the serliana window aligned with the Asinelli Tower (photo by the author).

2.
Photograph of the sundial with the projection on the floor of the solar image before transit on the line on 03/21/2023 (photograph by the author).

onic campaigns but soon repressed by the Bourbon Restoration. Therefore Messia was sent into exile in France, where he continued to teach mathematics at *Saint Germain-en-Laye* and then at the college of *Périgueux*. In 1806, once the Napoleonic government had established itself in the kingdom of Naples, Ferdinando Messia was recalled to his homeland and regained his university chair. Eventually, in 1809, a year before his early death, he became director of the embryonic astronomical observatory which was then located on the Belvedere of the Monastery of San Gaudioso, before the foundation of the Capodimonte Observatory, whose first stone was laid in 1812 and the whose construction works ended in 1819 (Olostro Cirella 1995).

The gnomonic tool and its functioning

The camera obscura sundial[1] is located in the main distribution corridor on the first floor, which runs longitudinally on the east side of the monumental complex along its entire length. The ancient monastic cells as well as three transversal corridors, the monumental staircase, the connection with the high church (at the northern end) and the connection with the more recent buildings (at the opposite end), line up on this room of imposing dimensions.

Being a darkroom sundial[2] , the instrument consists of a meridian line drawn on the floor along the north-south axis, which corresponds to the local meridian, and of a gnomonic hole, from which the sun's rays enter the room, positioned to the south on the meridian plane, near the lower level of one of the groin vaults that cover the corridor. The instrument, like any artefact of this type, therefore indicates the true local noon or the instant in which the Sun culminates on the local meridian that corresponds to the moment in which sunlight manages to enter through the hole and projects the solar image onto the floor [fig. 3] (Heilbron 2005; Ferrari 2006). Furthermore, by observing the position of the sunspot with respect to the meridian line, it is possible to determine the current date. In fact, the variation of the declination of the Sun involves the daily movement of the sunspot along the meridian line, which is closest to the gnomonic hole approaching the foot of the gnomon (beginning of the meridian line) at the summer solstice (day of the year in which the declination solar is maximum) and gets further away as you approach the winter solstice (day of the year in which the solar declination with respect to the earth is lower) [fig. 4].

The meridian line in question is made up of two brass plates which contain a third one in copper, enclosed within plates of light marble [fig. 5]. These plates are engraved with a series of numbers on each side of the line. The series to the east, which shows only the even numbers from 2 to 250, corresponds to the indication of the hundred parts of the gnomonic height, which constitutes the basic metric module of the instrument. For this reason the 0 is found at the beginning of the meridian line in correspondence with the gnomonic hole and the 250 at the end of the line just beyond the incision that identifies the sunspot projected on the day of the winter solstice. instead, the series to the west, as indicated in the initial marble slab, indicates "the Italian time corresponding to midday" (true local time) for each day and in fact shows the hours with Roman numerals and the minutes between them, of which even are indicated with Arabic numerals and odd ones with dots.

Italian time is a method of subdividing the day established in the 14th century in Italy - from where it takes its name - according to which the day was divided into 24 equal hours numbered starting from sunset (Arnaldi 2006). In this gnomonic tool, the Roman numerals that indicate the hours along the sundial are marked with the numbers from XIII to XIX. At the equinoxes, day and night have the same duration (12 hours each), therefore according to this system the Sun rises at 12, sets at 24, and is at noon at 18. Observing the point along the meridian line corresponding to the equinoxes, we note that the times marked for true local noon are 18:30 and not 18. This shows that the system of time measuring adopted is, more precisely, that of the Italian 'bell tower' hours, based on the same principle, but according to which the beginning of the counting of the hours is set half an hour after sunset, coinciding approximately with the onset of darkness (Arnaldi 2006).

Since the Italian bell tower time was progressively abandoned in favor of the current French or tramontane time starting from the Napoleonic rule of the early 19th century, this numerical series engraved on the instrument has been useful for civil purposes only for a few decades.

Along the meridian line there are also some square marble plates which indicate the entry of the Sun into the zodiac signs and therefore provide an indication of the months and therefore the date. In fact, the symbol of the zodiac sign and the month and day in which the Sun enters that constellation are engraved on each of these plates.

Finally, a small circle is engraved at the beginning of the sundial which indicates the vertical projection of the gnomonic hole on the floor and gives its size, equal to 15 mm. As already partially anticipated, before the beginning of the meridian line there is a large square marble slab which constitutes the legend of the instrument. On it are in fact engraved in Latin some writings that explain the elements of the gnomonic instrument or the "vertical point" just described, on the east side of the meridian line the "hundredth parts of the perpendicular", and more

3.
The transit of the sun on the sundial line on 03/31/2023 (photographs by the author).

4.
Diagram of the gnomonic instrument with identification of the trajectories of the rays which project the image of the sun along the sundial line at the solstices and equinoxes, created on the orthophoto of the point cloud, obtained by the laser-scanner survey, passing through the meridian plane (graphic elaboration of the author).

5.
Details of the sundial extracted from the orthophotoplan obtained by digital photogrammetry (survey and elaboration by the author).

externally the "descending signs of the zodiac" while to the west of the line the "Italic hours at noon" (these are the Italian bell tower hours, as previously described) and more externally the "ascending signs of the zodiac". Northern another marble slab is placed where the inscription "sundial" is engraved as well as the year of construction, the name of its author and his titles as professor and member of the Academy of Sciences.
Conclusively, along the meridian line, the ellipses that delimit the projection of the solar image in the days of the summer solstice (which is found on the Cancer plate in correspondence with 21 June) and of the winter solstice (which is found on the end plate of the meridian line, larger in size than those of the other zodiac signs) have been engraved.

Drawing tools: the need for an integrated survey

In relation to the objective of the research, which concerns the study and enhancement of the artefact with astronomical value through the tools of representation, it was decided to create a geometrically and chromatically faithful digital model, which can be interrogated for research purposes and used for dissemination. For this reason, it was therefore necessary to carry out a survey of the architectural artefact. Since this is a very precise time measurement instrument, in which small variations of millimetres in the dimensions and distance between the various elements that make it up, can lead to significant changes in its functioning, it was decided to choose the instruments and techniques of survey, available and widespread today, which could ensure maximum precision. In the first place, a laser-scanner survey of the entire 'long sleeve', of the two main transversal corridors and of the Library was carried out, performing a total of 38 scans. There were already 23 scans previously made mainly in black and white in the sundial area which were then integrated with 15 further scans, made in colour to have a greater amount of data and ensure greater detail [fig. 6]. Furthermore, in the spans of the corridor that host the sundial, the scans have been made denser, increasing the number of scans and the quality setting of the instrument.
The scans were then recorded with the software *Scene*, through automatic processes, manual recognition of physical targets (special spheres positioned during the campaign) and of notable architectural plans, thus obtaining a point cloud (colored in the sundial area) with an average dot error of 1.5 mm.
This survey, although very precise in geometric terms, presented data that was not sufficiently clear from a material-chromatic point of view. Specifically, on the point cloud and on the orthophotos obtained from it, the engravings along the sundial could not be distinguished in a completely intelligible way. Therefore, the material data was integrated with a photogrammetric survey. 276 photographs of the sundial and of the walls and vaults corresponding to the gnomonic hole were acquired. Through the processing with the software *Metashape*, a cloud of points of the gnomonic instrument alone was obtained, consisting of 243.449.434 points. From this a three-dimensional model was generated consisting of a mesh with 13.579.029 faces, on which a high-resolution texture (obtained from photographs) was applied [fig. 7]: each pixel corresponds to a portion of physical space equal to a square with a side of 0,575 mm.
The further verified material-chromatic products, coming from the two different surveys, were compared [fig. 8] to verify their correspondence, through the superimposition of the scaled orthophoto obtained from the photogrammetry on the point cloud of the laser-scanner survey, according to a mutual validation process of the acquired data. Finally, the most important dimensions of the instrument (length, gnomonic height, length of the 100 modules along the sundial, engraving on the floor representing the gnomonic hole) were further verified through direct measurements on site.

The production of the HBIM model

The digital model [fig. 9] was created in an H-BIM environment using the software *Revit* in order to create an information container in which not only graphic information can be placed, but also data sets related to different disciplinary fields. This methodology is also selected in consideration of the fact that the sundial is part of a public hospital complex and therefore, in the future, asset management and interventions will increasingly be carried out in a BIM environment.[3] So, the model could be integrated and interrogated during any future interventions on the physical heritage and could be a scientific basis of reference.
The point cloud obtained from the laser-scanner survey and exported in .rcs format was linked in the *Revit* workspace where it is displayed within the model in the three-dimensional and two-dimensional views, and can also be visualised in slices to ensure maximum precision in identifying the notable points. Therefore, a three-dimensional model of the entire long sleeve and the transversal corridors was created on the point cloud, consisting of the perimeter walls with the relative doors and windows, the floor, the groin vaults and the external pitched roof.
Drawing from a survey always obliges the discretization of the data obtained and their transposition into semantically characterized elements. This process of transition, in this case, from a point cloud to three-dimensional geometries that represent architectural elements (floors, walls, vaults, etc.) inevitably brings the need to make some simplifications and/or approximations. Real walls hardly follow a

6.
Points-cloud obtained from the laser-scanner survey (survey by Manuela Incerti and Gianmarco Mei, graphic elaboration by the author)

7.
Perspective view of the three-dimensional model obtained from digital photogrammetry (survey and graphic elaboration by the author).

8.
Comparison of the orthophotoplan extracted from the laser-scanner survey with the one obtained from the photogrammetric survey (graphic elaboration by the author).

9.
HBIM three-dimensional model, made in *Revit 2022* (model by the author).

straight line, especially in a historical building like in this case, and the point cloud returns this irregular morphology while the solids that describe a wall within the digital model must necessarily be straight. The level of approximation, and consequently of precision of the model obtained, was calibrated on the interest of the present study.
Therefore the elements that make up the gnomonic instrument have been modelled with the greatest possible accuracy to the survey data, while the elements that only describe the environment in which the sundial is located have been treated with a greater degree of approximation. Specifically, the vault in which the gnomonic hole is made was created with a mesh obtained directly from the point cloud of the laser scanner survey and imported into *Revit*. This methodology was adopted due to its very complex geometry and the need for absolute precision, because any slightest variation with respect to its real shape could potentially modify the passage of sunlight through the hole and the following splay.
The second element, for which it was particularly important to guarantee maximum precision, appears to be the floor of the corridor and the sundial, with its plates and engravings, made on it. From the laser-scanner survey, an 87cm difference in height between the two ends of the corridor was evident. Therefore, it was essential to report this inclination in the three-dimensional model with particular precision regarding its trend in correspondence with the sundial. The floor was therefore created by the horizontal extrusion of a series of segments that precisely follow its profile.[4] Finally, to model the marble plates and the engravings, the surface layer of the floor was divided into areas of different materials corresponding to the various elements of the sundial and the engravings present were reported on them. This operation was carried out following the survey data with more information available on the material-chromatic level, i.e. the orthophoto obtained from digital photogrammetry.
The elements that describe the environment surrounding the gnomonic instrument have been modelled with an increasing degree of approximation, the maximum being reached for the external covering[5] [fig. 10].

The digital model for metric and geometric analysis on the sundial

First of all, the digital model made it possible to obtain dimensional information about the architectural artefact connected to the astronomical sphere and to analyse the dimensional relationships between the elements that constitute it as well as those between the gnomonic instrument and the environment in which it is located.
The long sleeve, 162.55 meters long and 5.6 meters wide, is covered by 32 groin vaults with variable heights in a range of a few tens of centimetres, which have their basis approximately 5.6 meters from the floor and key about 2.8 meters higher, for a total height of about 8.40 meters. This environment has a direction rotated with respect to the meridian by about 15 degrees from north to east. Therefore, the sundial does not have the same direction as the corridor but is placed obliquely.
The sundial was built after the room in which it is located, therefore the width and orientation of the corridor had values already defined before its construction. Furthermore, the height of the gnomon was also conditioned by the size of the environment in which the sundial had to be constructed, and consequently also the length of the meridian line, since it is determined by the height of the gnomonic hole and by the sum of the latitude and declination of the Sun at the winter solstice.
In order to create the meridian line in its entirety on the floor, Ferdinando Messia placed it in such a position that its terminal part could continue beyond the width of the longitudinal corridor, in the initial part of one of the transversal corridors.
The dimensional information regarding the elements that make up the instrument were also extracted from the model. The metal plates that constitute the sundial line are 5 mm wide while the light marble plates, positioned on the two sides of them, in which the series of numbers are engraved, have a width of 9 cm. The engravings of the zodiac signs are instead shown on square-shaped slabs of the same material with a side of about 38 cm, equal to about one Bolognese foot.[6]
Finally, the dimensional information regarding the significant measurements of the gnomonic instrument extracted from the model [figs. 11, 12] were compared with those reported in the bibliography (Paltrinieri, Frizzoni 1995; Mingardi 1987; Mesturini 2005) previously identified, without the possibility of using the technologically advanced tools available today. Table A shows the main results of this comparison.
The different measurements of the same notable distances generally report very similar measurements, which differ by a few millimetres even over lengths of more than 20 metres. These differences may be due to errors in surveying, imprecisions of the instruments used, difficulty in identifying the notable points (for example the ellipse of the summer solstice is only partially visible today), as well as to any slight movement which may have affected the elements that constitute the artefact over time, considering that the measurements were made 28 and 36 years ago. However, some notable differences stand out, above all in terms of the functioning and precision of the gnomonic instrument, in particular in the

10.
Photographs of the portion of the roof above the gnomonic hole (images by Istituto Ortopedico Rizzoli).

11.
Plan obtained from the three-dimensional model with the main dimensions of the gnomonic instrument: length of the meridian line up to the 250 module (2019.70 cm) and length of the 100 modules (807.88 cm). Note how the latter value is not equal to the gnomonic height (cf. following figure), as foreseen by the geometric-theoretical construction of the instrument (graphic elaboration by the author).

12.
Longitudinal section obtained from the three-dimensional model with indication of the gnomonic height taken: 806.5 cm (graphic elaboration by the author).

values of the size of the gnomonic hole and the gnomonic height. The gnomonic hole, difficult to reach as it is over 8m in height, is indicated as having a diameter of 15 mm by Paltrinieri, who measures its incision on the ground, which when measured again actually turns out to be of this size. However, it is possible that the incision does not really have the same dimensions as the gnomonic hole. Mingardi instead indicates the diameter of the hole as 10 mm, even if in his writing it is not specified how it was measured. However, he shows the verification of the vertical alignment of the hole at the beginning of the sundial line, made with a plumb line. It is therefore presumable that he rose to the height of the gnomonic hole and was able to measure it closely. The survey currently conducted does not appear to be sufficiently accurate to resolve the issue. In fact, although highly precise survey techniques have been used, the gnomonic hole is always at a considerable distance from the record point of the instruments (laser scanner and camera for digital photogrammetry) therefore, from the data obtained, it is not possible to unequivocally determine its size.

Even the exact determination of the value of the gnomonic height is made difficult by the position of the hole which is not easily accessible. Paltrinieri provides a value of the gnomonic height of 807.7cm, obtained by measuring the length of the sundial line from the foot of the perpendicular to the 100th module. This length on the floor was confirmed by the direct survey performed in the context of this work. Mingardi instead indicates a lower value of about 11cm. The laser-scanner survey returns the presence of points up to a maximum height of 806.5cm, a measurement that deviates by 12 mm from that of Paltrinieri. It cannot be excluded that this difference is due to the fact that the laser-scanner survey could not reach the highest portion of the splay of the vault that reaches the gnomonic hole, since it is a rather small space in which self-occlusion problems can occur. For the same geometric reasons, it is highly unlikely that the instrumental survey could have measured a height of 11 cm more than the real one, given the physical limit of the vault. Therefore, the gnomonic height identified by Mingardi, according to the results of this research, is not reliable.

By creating a geometric construction based on the operating principles of the gnomonic instrument starting from the measurements uniquely determined by the survey, a height of the gnomonic hole of 807.88 cm is obtained.[7] This measurement could be verified by a photogrammetry made with a drone, performed inside the 'long sleeve' near the gnomonic hole.

The model for the integration of lost information, dissemination and enhancement

On the sundial line there were, in addition to the stylised symbols of the zodiac signs, also refined engravings that represent them, which today are almost completely lost due to the deterioration of the floor, that for almost a century has been at the centre of a hospital ward with constant movement of patients and staff, heavy trolleys, wheelchairs, crutches, etc. Thanks to the photographic evidence of 1916 (Delitala 1976), these engravings were reproduced on the model, making it a repository of information no longer perceivable in the physical consistency of the artefact [fig.13].

Furthermore, thanks to the digital model it is possible to create two-dimensional and three-dimensional graphic drawings which can facilitate the understanding of the functioning of the instrument for visitors [figs. 14, 15]. In fact, the sundial is difficult to understand because it works, by its nature, only in a few moments a day, at times that are always slightly different and not easily identifiable for the public (true local noon).[8] Additionally, the effect of its functioning materializes in a small sized patch of light, whose position varies throughout the year, along approximately 17 metres, that is difficult to identify as the environment is very bright. Geometric schemes and digital simulations of its functioning, made available on site, can therefore exponentially increase visitors' chances of understanding and appreciating the instrument.

As the research continues, the graphic products published here and others to be developed in the future may therefore be made available locally and possibly also online to raise awareness of the heritage and attract potential new visitors. Eventually, the digital model constitutes the basic raw material from which it is possible to develop popular products such as explanatory videos of the functioning of the gnomonic instrument or augmented reality applications that simulate the projection of the solar image on the different days of the year on the real sundial.

Conclusions

The work still leaves open future prospects for the further development of the research, which mainly concern the integration of other survey techniques, such as digital photogrammetry from a drone (to verify the gnomonic height), and the creation of various dissemination products. Nonetheless, the contribution – by presenting the selected case study – outlined an operational methodology for the documentation of the architectural heritage linked to astronomical phenomena through advanced survey and representation tools. The integrated survey (laser-scanner and digital photogrammetry) and the 3D digital modelling based on it have proved to be particularly effective in resolving some of the more relevant problems regarding the survey of an artefact of this type. Specifically, they made it possible

13.
The recreation of lost engravings on the HBIM model. From left: photographs from 1916 (Delitala 1976), extracts of the orthophotoplan obtained from digital photogrammetry (survey and elaboration by the author), views of the digital model (graphic elaboration by the author).

14.
Three-dimensional view of the operation of the tool (processing in *Lumion* and post-production in *Photoshop* by the author).

15.
Perspective section of the sundial (processed in *Lumion* and post-production in *Photoshop* by the author).

Image p. 226:
Rendering of the Sundial of San Michele in Bosco obtained from digital model.

to identify with millimetre precision the profile of the floor on which the sundial is drawn (showing how it is not exactly horizontal) and the position of the gnomonic hole with respect to the beginning of the sundial line (highlighting how they are not perfectly aligned). At the same time, however, these techniques have revealed some limitations. In fact, it was not possible to determine exactly the size of the gnomonic hole and identify the certain measure of the gnomonic height. Furthermore, despite the accurate survey also from the material-chromatic point of view, some difficulties were encountered in the identification of some notable points of the instrument, due to its state of conservation.

The analyses conducted according to these techniques have in any case remarked how the configuration of the architectural artefact examined is closely linked to the geometric dimensions of the physical manifestations of celestial phenomena on the built environment, recalling how this type of architectural heritage and the sky are closely connected by dimensional relationships, which, by their nature, can be profitably studied with the tools of Drawing.

Notes

1. In the Bolognese area, the camera obscura sundial of the Basilica of San Petronio is famous, whose first construction in 1576 is due to the Dominican Egnazio Danti, who in Florence had first designed a sundial in Santa Maria Novella. A new sundial was built in 1655 by Cassini (Paltrinieri 2000; Bònoli 2006; Fanti 2006). In that century and the following, many other sundials were traced in religious complexes and private palaces, for scientific purposes or to show the prestige of the family, including the one that is the subject of this contribution. The following are the camera obscura sundials already functioning in Bologna at the time of the creation of the gnomonic instrument of San Michele in Bosco: Palazzo Pietramellara (Geminiano Montanari, 1674), Observatory of Bologna (Eustachio Zanotti, ca. 1740), Church of Sant 'Andrea a Quarto Superiore (Domenico Gatti, 1767), Ex Conservatorio del Baraccano (Sebastiano Canterzani, 1778), Palazzo Agucchi-Bosdari (Giovanni Battista Guglielmini, 1787), Palazzo de' Bianchi (unknown, mid-eighteenth century). The information is taken from (Paltrinieri 2006; Bònoli 2021).
2. For other recent research works on camera obscura sundials outside the Bologna area see (Pagliano, Triggianese, Santoro 2017; Candito 2019).
3. The new procurement code (Legislative Decree 36/2023), confirming the approach already given by the old code, establishes in art. 43 that starting from 1 January 2025 it will be mandatory to proceed with "digital construction information management methods and tools" (BIM methodology) for all contracts exceeding one million euros, even on existing buildings.
4. These segments were traced on a slice of the point cloud with a submillimeter distance between points, which therefore constitutes reliable data.

Notable measures of the gnomonic instrument [cm]	Survey	Paltrinieri, Frizzoni	Difference model Paltrinieri, Frizzoni	Mingardi	Difference model Mingardi
Gnomonic height	806,5*	807,7	-1,2	797	9,5
Lenght of the sundial line up to module 250	2019,70	/	/	**1992,50**	**27,2**
Module of the sundial	8,0788**	8,077	0,0018	7,97	0,1088
Length of the sundial line (end of the winter solstice ellipse)	2018,94	2019,43	-0,49	2019,7	-0,76
Diameter of the gnomonic hole	1,5	1,5	0	1	0,5
Position of the summer solstice ellipse center	310,81	310,68	0,13	310	0,81
Major axis of the summer solstice ellipse	9,10	9,3	-0,20	\	\
Minor axis of the summer solstice ellipse	8,78	8,73	0,05	\	\
Position of the winter solstice ellipse center	1991,69	1991,66	0,03	1992,5	-0,81
Major axis of the winter solstice ellipse	54,50	54,91	-0,41	\	\
Minor axis of the winter solstice ellipse	21,64	21,13	0,51	\	\
*measurement taken with laser-scanner, not consistent with the length of the 100 modules, to be verified with further methods (photogrammetry from drone or direct measurement).					
** length of the sundial line up to module "250", divided by 250.					

5. In fact, in this phase it was not possible to carry out an aerial photogrammetry from a drone to precisely survey the roofs, therefore they were represented on the basis of previous surveys made available by the hospital and integrated in detail on the basis of aerial photographs and video footage previously made with drones for advertising purposes. This part of the survey therefore certainly constitutes an area for future research.
6. 1 Bolognese foot = 38,0098 cm
7. For an explanation of the calculations performed, see the contribution by the author and by Manuela Incerti and Georg Zotti, published in the same volume.
8. Its variation occurs according to the latitude and the equation of time.

Simulation of light in digital models with astronomical value: comparing tools

Manuela Incerti, Gianmarco Mei, Georg Zotti

Key words
Light simulation
3D digital models
Archeoastronomy
Renderings
Stellarium

Introduction

One of the main aspects of architectural heritage with astronomical implications concern the projection of light on surfaces, as physical and tangible expression of celestial phenomena on material reality. The effects that sunlight generates within the composition of these architectures is therefore often carrying messages and meanings.
Rendering software allows the simulation of sunlight for a certain date and time and for a certain location, identified through its coordinates, and thus are useful tools for analyzing the effects of light in architectural heritage artifacts with astronomical meanings. However, software, nowadays widely used in the professional field, may have some limitations in their operation in this specific research area. For example, there is often a limited time range available for simulations (Zotti 2015), which may not allow to perform analysis for artifacts built on dates far back in time. This condition can be resolved in parts by finding appropriate correspondences between the astronomical calendar, Julian calendar and Gregorian calendar. However, the extreme declinations of the sun at solstices also vary slightly over time, and extremes of antiquity cannot be simulated with systems only applicable to the current century.
The *Stellarium* software, an open-source virtual planetarium available for desktop computers, which uses OpenGL to provide a real-time representation of the sky, fits into this context.[1] With *Stellarium* it is possible to see objects within the reach of large telescopes – over 600,000 stars from the Hipparcos catalog and the Tycho-2 catalog, supplementary catalogs with over 210 million stars, constellations belonging to tens of different cultures, planets of the solar system with their respective major satellites – and thanks to its 3D Sceneries plugin (Zotti and Neubauer 2012), it is possible to load three-dimensional digital models into it and experience a first-person view combining the architectural model under the sky of its construction period (Zotti et al. 2021).

Scientific principles and methodological questions

The architectural objects taken into consideration in this research work are very different from each other in terms of morphology, dating and patronage, being the Mausoleum of Theodoric (Ravenna) and the imposing corridor of San Michele in Bosco (Bologna) in which a *camera obscura* sundial was built in 1788.
According to the *Anonymus Valesi*i document, the Mausoleum was built by Theodoric himself before his death on 30th August 526 a.C. and, a rare thing at the time, it was built with carefully squared blocks covered by a "*saxum ingentem*" that the king had searched for on purpose.[2] The system of small windows, rigorously inserted into the stereotomic design of the walls, is made up of 17 openings distributed between the two levels. In previous works, the presence of light phenomena in significant moments of the astronomical year was analysed through the trend of the spots of sunlight on the horizontal and vertical surfaces and on the large monolithic tub located on the upper floor. In particular, the effects associated with the cruciform window and the four narrow loopholes placed above the door on the days of the equinoxes were highlighted. The presence of very small openings, together with the recent placement of perforated metal doors, makes possible dim light conditions capable of enhancing the perceptive aspects of light events.
The second case study concerns the solar device of the ancient Olivetan monastery of San Michele in Bosco.[3] This artefact belongs to a particular type of sundial capable of indicating exclusively the local noon for each day of the year, i.e. the passage of the sun over the local meridian. In these instruments,[4]

1.
The Mausoleum of Theodoric shown in the software *Stellarium* (model by Stefania Iurilli, implementation on software by Georg Zotti, implementation on software by Manuela Incerti).

2.
The sundial of San Michele in Bosco shown in the software *Stellarium* (model by Gianmarco Mei, implementation on software by Georg Zotti, implementation on software by Manuela Incerti).

3a.
The positioning of the project base point and of the survey point on the 3D model built on base of the point cloud in the software *Revit*.

3b.
Optimization of the mesh of the vault with the gnomonic hole in the software *Rhinoceros* (graphic elaborations by Gianmarco Mei).

the sun's rays penetrate the room and intersect the floor plane, forming an elliptical spot of light that moves transversely with respect to the drawn north-south line. Although their operation is simple from a geometric point of view - Vitruvius describes it in the 9th book of *De Architectura*[5] - in reality this sophisticated tool involves geometric, optical, physical, astronomical and physiological aspects.[6]

The luminous image is produced through the geometric principle of the *camera obscura* where a pinhole allows the entry of light, that projects itself on a surface. The outcome of this projection depends on the ratio between the distance between the hole and the image and the diameter of the hole which allows the passage of light rays. If this ratio is represented by a very high numerical value,[7] the hole can be considered punctiform, the image produced is the same as the object and there is a band of penumbra around the outline, the size of which is equal to the diameter of the hole (Ferrari 2006, p. 38). For *camera obscura* sundials, the object projected through the hole is the sun itself, whose average angular dimension is equal to 32'; by virtue of this value, the light beam can be considered conical and its section with the classic horizontal plane an ellipse. Finally, it is possible to note that in addition to the principles of geometric optics, the wave nature of the light which gives rise to diffraction phenomena also affects the sharpness and size of the image produced.[8]

The two case studies therefore differ from each other in the morphology of the openings (small or punctiform), in the ratio obtained by relating the distance between opening-image and the size of the opening (little or elevated) and, lastly, for the purposes at the basis of this intentionality (hierophanic events or scientific measurement of time).

That said, the practical experimentation of this research can be traced back to the last two of the four phases listed below:

1. advanced survey with millimeter accuracy and its 2D and 3D rendering;
2. survey of astronomical orientation;
3. analysis of light through geometric tools (2D and 3D);
4. data analysis and verification through rendering engines on optimized models.

For each of these phases, the quality of the data produced should be made available (for example the type of survey and its acquisition methods, the scale of drawing, the level of optimization in the modelling phase, etc.), the types and degree of accuracy of the geometric analysis and, finally, the settings of the lighting controls in the rendering software.[9]

In the context of research produced by the scientific-disciplinary sector, the possibilities offered by three-dimensional modelling have certainly simplified and made the operations of geometric analysis of astronomical data more effective. Several of the works produced also deal with simulations with rendering engines of the effects of light on assets or architectures with archaeo-astronomical value, also for the purpose of communicating the contents, through the production of three-dimensional photorealistic images and videos.[10] However, the interest that guides this contribution exclusively concerns the control phases of astronomical data, and therefore goes beyond all the perceptive and qualitative aspects that are normally taken into consideration in the production of renderings.[11]

The surveys and graphic drawings produced

Both historic buildings were surveyed with Faro laser scanners and digital photogrammetry. For the specifications on the first survey and on the modelling data, see the already published works (Incerti and Lavoratti 2016; Incerti et al. 2016; Incerti et al. 2017) which also describe the results of the first experiments conducted on this topic of research.

The sundial of San Michele in Bosco was documented in 2023 using the Faro X330 laser scanner and digital photogrammetry processed with the *Metashape* software (*Agisoft*).[12] The survey data were used to create the 3D HBIM model (the construction of which is described in detail in another chapter of this book), and to create the 2D section passing through the plane of the meridian, identifiable through the metal line inserted in the floor. To verify the accuracy and coherence of the drawings elaborated in 2D and 3D, the general measurements and, eventually, the results of the astronomical analysis were constantly compared.

The virtual planetarium *Stellarium*

Stellarium is a general-purpose desktop planetarium, available for Windows, Linux and MacOS, which aims at providing a realistic desktop screen simul¬ation of what is visible in the sky. It is mostly used by amateur astronomers for planning and executing their nightly activities. The open-source nature of *Stellarium* has allowed the addition of a program extension (plugin) for 3D rendering of architecture, optionally surrounded by some terrain, to investigate relations between human-made constructions and astronomical events like solstitial sunrises or sunsets (Zotti and Neubauer 2012). Not only the geometry with respect to astronomical vistas in reconstructed skies of past times can be studied, but also light and shadow phenomena (Zotti et al. 2019b; Zotti et al. 2020). Another plugin dedicated to cultural astronomy research, *ArchaeoLines*, shows the diurnal tracks for the sun at solstices and some other times, extremes of the moon, and several other such lines (Zotti 2016). The *Calendars* plugin provides dates in a multitude of calendars, which may also be useful for cultural studies. Only recently a decade-long

4.
Analysis of the projection of the solar image on the sundial starting from the survey data (slice of the point cloud of the laser-scanner survey and orthophoto obtained from digital photogrammetry). Note that, even for a hypothetical height of 8.0788 m (13 mm higher than the measured one), the inclination of the winter solstice rays does not reach the limit of the ellipse engraved on the floor. In white the real profile of the floor (which rises by 18 mm in this area), in red the ideal section that is drawn with a plane orthogonal to the gnomon. These theoretical data will be tested on the date of the winter solstice (graphic elaboration by Manuela Incerti).

5.
Misalignment of the gnomonic hole with respect to the beginning of the meridian line, views of the 3D HBIM model created from the surveys (graphic elaboration by Gianmarco Mei).

series of accuracy improvements has been finished (Zotti and Wolf 2022).

Interoperability of *Stellarium*

Stellarium uses the classical Wavefront OBJ format for 3D models with materials described in an MTL file. Both are text-based and allow for manual tweaks. Only simple geometry primitives (triangles, quads) are supported, thus NURBS or bspline curves cannot be used. Models with several millions of triangles have been used successfully on medium-class gaming notebooks. Like most 3D rendering engines, also *Stellarium* cannot cope with the full domain of UTM coordinates. These have to be transformed to the domain of single-precision floating point numbers with about 7-8 significant digits (Zotti 2019a). A simple shift can usually be applied. Alternatively, models can be created in local coordinates. In any case, the direction of astronomical North is crucial. From natural UTM coordinates, the north offset caused by meridian convergence can be computed auto¬matic¬ally or set manually in the scene configuration file which also has to contain geographical coordinates of the model's location to provide the correct sky for the designated location.

Flaws in the modelling can be partially corrected in the material definition file (MTL) by rendering of backfaces, however, closed surfaces with correctly configured vertex normals work best. A custom material extension even allows to show parts of a model only in a particular date range, depending on the current simulation date (Zotti et al. 2018). In general, material definitions exported by commercial modelling programs often need manual intervention.

The model of the San Michele in Bosco monastery sundial has been created in a HBIM environment with the software *Revit 2022*. In order to ensure its interoperability with *Stellarium* some expedients had to be realized. First of all, the Project Base Point and Survey Point, being the basic elements for defining the orientation of the model and identifying its coordinates to be transferred to *Stellarium*, had to be placed in a recognizable position. They both have been placed at the beginning of the sundial line, ideally positioned on the vertical projection of the gnomonic hole, so that the model has its origin in this remarkable point of which the terrestrial coordinates are known [fig. 3]. Additionally, the *ProjectNorth* in *Revit* has been consistently oriented with the geographic north in reality, so that the north direction is set along the sundial and from here it is pointing towards its end. In this way, the 3D model could be geo-referenced on *Stellarium*.

As mentioned above, the 3D Scenery plugin for *Stellarium* requires an .obj model, but since *Revit* does not allow export in this format, the 3D model has been exported in .fbx and then opened on the software *Rhinoceros 7*. Here the optimization of the model and texturing took place as described below.

The vault where the gnomonic hole is located was modelled with a high polygon mesh, obtained from the point cloud of the laser-scanner. This mesh was heavy in its data-size, so difficult to be loaded on *Stellarium,* and had some errors that caused problems in its visualization on the digital planetarium. So the mesh was corrected and the number of its faces reduced with the auto-processing tools available on *Rhinoceros*. Additionally the directions of its normals have been unified and inverted to point inwards, in order to avoid problems in the visualization of textures on the back-faces in *Stellarium* [fig. 3]. Eventually the model has been textured in *Rhinoceros* through the materials commands, it has been exported in .obj format and opened in *Stellarium* [fig. 2].

Results of the analysis on the sundial model

For the reasons already mentioned, in 2D space the simulation of the light beam was carried out by means of the intersection with the horizontal plane of a cone with vertex in the gnomonic hole and vertex angle of 0° 32'. The inclination of the axis of the cone varies, from day to day, and is equal to the height of the sun at the instant of local noon (i.e. with Azimuth 180°).

The total length of the entire line, divided into the canonical 250 parts,[13] is 20.197 metres. Each module should therefore measure 0.080788 metres, and the corresponding height of the hole should be 8.0788 meters (100 modules) which differs from the measured measurement by 13 mm.[14] Since the gnomonic hole is in an inaccessible position, it was not possible to carry out further metric checks; however, some geometric reasoning as well as some astronomical calculations can be made to understand the built instrument.

The analysis of the thin section of the slice of the point cloud returns an incline of the floor of the corridor very different from the horizontal: the difference between the height of the two extremes of the long room (approximately 162.5 m) is about 0.87 m. The slope of the floor in the area of the sundial is however much more regular, even if its final part, near the winter solstice, rises by 18 mm.

The projection on the floor of gnomonic hole with a diameter of 15 mm also allows us to highlight a shift of about 19 mm in the north-west direction with respect to the circle engraved in the plate (19.3 mm towards north and 5.1 mm towards west) [fig. 5].

From the verification conducted on site on 21st March 2023 [fig. 6], it has been noted that the passage of the sun on the meridian line is delayed with respect to the expected time (in relation to the data provided by *Stellarium*) by approximately 23 seconds; this condition could be compatible with an error in

6. Photograph of the transit of the sun through the meridian line at 12:22:15 on 03/21/2023 (photograph by Gianmarco Mei).

7. Light effects created inside the Mausoleum of Theodoric with the software *Modo* by *Luxology* (model and rendering by Stefania Iurilli, astronomical calculations by Manuela Incerti).

8. Rendering of the sundial with the transit of the sun at 12:22:15 on 21/03/2023 (see fig. 6) in the software *Rhinoceros* with the use of the automatic sun with parallel rays (graphic elaboration by Gianmarco Mei).

9. Rendering of the sundial with the transit of the sun at 12:22:15 on 21/03/2023 (see fig. 6) in the software *Cinema 4D* with the use of the automatic sun and parallel rays (graphic elaboration by Gianmarco Mei).

the orientation of the meridian line with respect to the vertical from the gnomonic hole of 0° 8'.
One last datum that comes from the reading of the survey concerns the profile of the surface connecting the vault and the gnomonic hole: if the hole were actually located at 8.0788 meters from the floor (and not at 8.065 as surveyed), the sun's rays would fail to pass into dates near the winter solstice due to a self-occlusion effect of the flared surface near the gnomonic hole.
The combination of these four conditions causes a lack of precision of the astronomical instrument, absolutely negligible in the summer months but decidedly more evident in the date of the winter solstice [fig. 4] which must be verified on the next possible date.

The problem of parameters in rendering software

The rendering software usually offer tools to simulate the effects of sunlight in a semi-automatic way. In fact, among the light available to be inserted in the scene, there is the sun type. Once this object is selected, the applications require to set a time (date and hour) and a location (defined by terrestrial coordinates): starting from these data it is possible to experiment with different levels of accuracy as illustrated in the following notes [figs. 8-10].
Specifically, *Rhinoceros* requests a time indicated by hours, minutes and also seconds and a geolocation set by coordinates expressed in degrees with three decimal places. According to this information it sets an orientation of the sun that shows to the users by an angle on the horizontal plane in regards to the north, defined as azimuth, and by an angle on the vertical plane, defined as altitude, both expressed in degrees with one decimal place.
The "sun" command of *Cinema 4D* requires time with a precision up to seconds and a geolocation expressed by coordinates in degrees, minutes and seconds, used to orientate the sun with a precision of degrees with three decimal places.
On *Lumion* the effect "solar study" allows to insert time up to minutes (no seconds available) and coordinates with two decimal places. The orientation of the sun obtained is not shown to the user by angular units.
A recurring limitation in these parameters is the time-span available for the years, *Rhinoceros* allows to select years between 1980 and 2180, *Cinema 4D* between 1700 and 2299, *Lumion* between 2012 and 2050. This limit impedes to produce a simulation at the year of construction (1788), except for *Cinema 4D*. In *Rhinoceros* and *Lumion* the sun is also positioned, as well as oriented, automatically within the model, but it is not a physical object that you can reach and move geometrically in the space as the other elements of the model. In *Cinema 4D* the command "sun" creates a light that is shown as a physical object within the model that is oriented according to coordinates and time but not positioned consistently, requiring a manual intervention of the user to locate it.
Rhinoceros and *Lumion* simulate the sun with a directional light, made by parallel light rays, which is not appropriate, as explained above, to simulate the light effects occurring in the sundial and its gnomonic hole. Thus, the automatic sun light modes generate images where the sun-projection on the floor is a tiny elliptical light speck with extremely low eccentricity, which has the same dimension of the gnomonic hole. To obtain a realistic simulation of the sunlight projection on the floor, that varies in dimensions according to the date, a conic light is needed (usually called spotlight in rendering programs). Only *Cinema 4D*, among the software tested, allows setting the automatic sunlight as a spotlight instead of a directional/parallel one.
The images produced with the automatic sunlight features (parallel/directional light) [figs. 8-10] show the tiny elliptical light with extremely low eccentricity projected on the sundial at the same time as the picture taken on 21st March 2023 [fig. 06], so comparing these pictures, it is possible to evaluate the accuracy of the different software. All of them positioned the light projection approximately in the right location but while its position in *Lumio*n is very precise, in *Rhinoceros* and *Cinema 4D* is slightly shifted towards east.
In conclusion, while these software can be useful tools to have an indication on the light phenomena in the built environment linked to the celestial vault, they do not provide a sufficient level of accuracy to conduct astronomical verifications. Additionally the geometric shape of the light generated by automatic sun commands in *Rhinoceros* and *Lumion* (parallel/directional light) does not allow for realistic simulation/rendering and thus these options are not useful for informational purpose either. The following paragraph describes how the research has tried to overcome this limitation by using spotlights, which have a conical shape.
Experiments on the problems of precision of astronomical data in rendering software had already been addressed in previous works conducted on the Mausoleum of Theodoric to which reference is made for further information (Incerti, et al. 2016; Incerti et al. 2017). The model of the mausoleum was created using a quadrangular mesh (quad modeling), texturized with the UV mapping method starting from the orthophoto extracted from the SFM survey. The model, also optimized for its use in real-time applications, was then precisely oriented according to the data provided by the survey and, subsequently, illuminated by a directional light, useful for simulating the solar source (parallel rays) within the software *Modo* (*Luxology*). The precision in the position of the

10.
Rendering of the sundial with the transit of the sun at 12:22 on 03/21/2023 (see fig. 6) in the software *Lumion* with the use of the automatic sun with parallel rays. Note that the software doesn't allow to insert seconds and neither digits in the decimal places of minutes (graphic elaboration by Gianmarco Mei).

11.
Simulation of the projection of the solar image at the summer solstice (top), at the equinoxes (centre) and at the winter solstice (bottom), with the software *Rhinoceros* and the use of a conical light positioned at the centre of the gnomonic hole. For this and the two following images, note that the inserted light does not take into account the real position of the sun, but is placed according to a fictitious orientation in order to show the ideal functioning of the instrument, without the errors found in its current functioning (graphic elaboration by Gianmarco Mei).

light projections was not satisfactory also in the case of this software and, for this reason, the renderings of the light effects were generated starting from the coordinates of the sun previously identified in the CAD environment (azimuth and height) and from the astronomical ephemeris (date and time) [fig.07]. Thanks to these coordinates, an animated path was built to reproduce the movement of the sun within the sacred space during the solstices and equinoxes.
In the process of checking and verifying the hypotheses of the hierophanic events *Stellarium* was used [fig. 01].[15]
The mausoleum has small but non-point-like openings, for this reason in previous studies it was not necessary to deal with the problem of rendering a conical light beam, which is instead essential for the case of the gnomonic hole of the sundial.

The conical light in the *camera obscura* sundial

The use of conical light beam, for the simulation of the sun-projection on the sundial that varies in size along the year, arise a geometrical problem of defining the dimensions of the cone and its position in the model.
For the solstices, the sunray can be described by a cone with its vertex at the centre of the gnomonic hole, whose notable elements (generatrixes and height) can be identified through the section with the meridian plane: while the two generatrixes pass through the gnomonic hole and the extremes of the major axis of the ellipse, the height is given by the straight line bisector of the angle between these (angle of 32' which is determined by the angular diameter of the sun as mentioned above). These ellipses therefore constitute the section of the conical light with the plane of the floor. The geometric verification of the correspondence between the ellipses engraved on the marble and the width of the cone with an angle of 32' can only be verified on the solstices since these figures were created only for these two dates.
For intermediate days the height of the cone can be found by the line joining the centre of the gnomonic hole and the floor, which orientation is given by the declination of the sun in the chosen day [figs. 11,12].
In *Lumion* the angular width of conical lights cannot be reduced under 1 radian, thus leading to too wide sunlight beams. An attempt to overcome this limitation has been done locating the vertex of the conical light outside the gnomonic hole, along the straight line joining the hole and the floor, oriented accordingly to the declination of the sun in that day. This has only partially resolved the problem since the sunlight projection obtained are still too big [fig. 13], as compared to the ellipses of solstices and images obtained with the other software.
Overall, the simulation of *Rhinoceros* and *Cinema 4D* produced realistic looking results, while *Lumion* would seem not suitable for this purpose. However, it must me noted that the method applied leads to a mere representation of the ideal functioning of the sundial, because it does not take into account the real position of the sun on a certain date and time. Therefore, since it cannot be used to verify the effective functioning of the gnomonic instrument, it can only be used for informational purposes.
The simulation in *Stellarium* uses shadow mapping like many other OpenGL-based real-time rendering programs. This software models sunlight as directional light and thus creates light spots on the surfaces of about the size of the gnomonic hole. In addition, the PCSS algorithm can be applied which in effect creates several shifted copies of the light patch which are distributed to form a slim cone. Usually this results in a blurred appearance of a hand-sized (or larger) light patch. In case of this gnomonic hole of only 15 mm diameter, a blurred patch is visible for the local noon near summer solstice, but a cluster of separate tiny light patches is shown for the winter end. The quality of the patch shapes is related to the (hardware-depending) setting of the shadow map size [fig. 14].
Lastly, for an accurate rendering of the sunlight spots and conical light beams, that reproduces the real position of the sun (in still images and even animations), physics-based simulation of light propagation in a scattering medium can also be applied when available in the software. In figure 15 we utilized the free and open-source 3D modelling program *Blender 3.4* with its high-quality renderer ("*Cycles*"). *Blender* has an extension for computing the solar position from astronomical algorithms, at least in years AD and using the Gregorian calendar, and its sunlight can be given the correct apparent angular diameter of the sun of about 32 arcminutes. Compare the spot of sunlight for the winter solstice in figures 14 (bottom) and 15 (bottom). Just like the fast simulation in *Stellarium*, the accurate light simulation shows that the elliptical light spot formed by the divergent light beam defined by the gnomonic hole and configured apparent solar diameter is predicted to miss the ellipse engraved on the meridian line and deviate to the south.
This renderer can also be utilized to show the cone of sunlight directly by physics-based interaction of light and matter. Instead of configuring an additional conical light which is merely illustrative, here (and in similar non-real-time 3D renderers) we can fill the room with scattering medium (representing dust or thin smoke) which becomes directly visible when inside the diverging light beam formed by the astronomically computed sun and the gnomonic hole.
The big disadvantage of such rendering systems is however the very long rendering time. While *Stellarium* provides computer game-like interactive views, a single rendering (still image) takes at least several minutes of computing time. Animations (temporal animation of sunlight spots, or camera sweeps) can

12.
Simulation of the projection of the solar image at the summer solstice (top), at the equinoxes (centre) and at the winter solstice (bottom), with the software *Cinema 4D* and the use of a conical light positioned at the centre of the gnomonic hole (graphic elaboration by Gianmarco Mei).

13.
Simulation of the projection of the solar image at the summer solstice (top), at the equinoxes (centre) and at the winter solstice (bottom), with the software *Lumion* and the use of a conical light positioned outside the gnomonic hole (graphic elaboration by Gianmarco Mei).

only be produced by preconfiguring keyframes and rendering an automated sequence of still images over many hours.

Conclusions

The first results proposed here highlight how in research on heritage with astronomical value, also implemented with the tools and techniques of representation, it is necessary to know the precisions, limits and reliability of each software used. The methodology developed and described above suggests constantly comparing survey data, 2D and 3D model data, astronomical data from certified sources (referring to the construction dates of the works), their application on the models and finally, the results of the rendering operations. For all these reasons, the *Stellarium's 3D Sceneries* plugin is extremely interesting for checking the reliability of hypotheses on the behaviour of light within environments. For the aspects relating to dissemination and communication, however, it is useful to use rendering software whose parameters must however be set after appropriate astronomical calculations that allow validation.

Credits and acknowledgement

Although the text is the result of the joint work of the three authors, who wrote paragraphs "Introduction", "The conical light in the *camera obscura* sundial" and "Conclusions" together, paragraph "Scientific principles and methodological questions" should be attributed to Manuela Incerti, paragraph "The virtual planetarium *Stellarium*" to Georg Zotti, paragraphs "The surveys and graphic drawings produced", "Results of the analysis on the sundial model", "The problem of parameters in rendering software" to Manuela Incerti and Gianmarco Mei and lastly paragraph "Interoperability of *Stellarium*" to Gianmarco Mei and Georg Zotti.

Notes

1. The project was launched in 2000 and is coordinated by Fabien Chéreau. Georg Zotti is development team member.
2. "*Se autem vivo fecit sibi monimentum ex lapide quadrat, mirae magnitudinis opus, et saxum ingens quod superponeret inquisivit*", i.e. "He erected to himself, he living, a funerary monument in squared stones, a work of marvellous size, and had a huge boulder searched to cover it". On the citation, the main phases of the building, the state of the art and the research conducted on the astronomy-architecture relationship briefly summarized below, see (Incerti and Lavoratti 2016; Incerti et al. 2016; Incerti et al. 2017).
3. The most ancient information on the religious settlement, not supported by reliable documentary sources but borrowed from the textual tradition, traces the foundation of the monastery back to the 4th or 5th century by the work of a hermitic community. However, the first unequivocal evidence of the church and the religious seat date back to 1217 and attest to the use of the toponym de Bosco, a clear reference to a wooded area. By concession of Urban V in 1364 the Olivetan monks settled in the complex, having arrived in Bologna only two years earlier, and became diligent patrons. On the historical notes of this building, see the contributions with the related bibliography (Incerti 2015; Incerti and Foschi 2021).
4. The best known tools are those of Santa Maria del Fiore (Florence, 1467, Toscanelli), San Petronio (Bologna, 1655, Cassini), Santa Maria degli Angeli (Rome, 1703, Bianchini). On this theme, see the monographic issue of the Giornale di Astronomia (Bonoli, Parmeggiani, Poppi 2006) and the volume edited by Fabrizio Bonoli and Piero Ranfagni (Heilbron 2005). On this meridian line, see also the contribution by Gianmarco Mei in this volume.
5. (Vitruvius Pollio 1993). On the geometric procedure, described in numerous essays and related bibliography, see also (Incerti 1999, pp. 80-89)
6. On the discussion of all these aspects, see (Ferrari 2006) from which the following considerations are drawn.
7. Ferrari indicates as usable values ≈ 400→500.
8. "Therefore, as the diameter of the hole decreases, the image becomes increasingly clearer until the phenomenon of diffraction becomes predominant." (Ferrari 2006, p. 43)
9. On the case studies presented here, see the bibliography already cited.
10. If these two aspects are considered, see the main works including (Bortot 2020; De Rosa 2007; Farroni 2019; Pagliano 2022; Pagliano et al. 2017; Càndito 2019; Incerti et al. 2016).
11. For this reason we will not make comparisons between biased and unbiased rendering engines, as well as we will not investigate light color or the algorithms that determine indirect lighting or the techniques for producing penumbra (soft light). Research on rendering algorithms is currently very lively, as a general framework on theoretical issues see (Birn 2013). On applications in the astronomical field for space exploration, see (Allan et al. 2019).
12. The laser scanner survey of the space containing the meridian line is made up of 15 scans (Faro Focus X330) and the point cloud, recorded with the Scene software (version 2021.0), has a sub-millimeter density. The photogrammetry was processed with a Nikon 5300 reflex camera, and 276 photographs were taken. The orthophotos generated with Scene and Metashape have a size of about 40,000x4,000 pixels and have been conveniently compared to verify the data produced.
13. The relation 250:100 is latitude dependent and is present in the Italian historical literature for latitudes around 45° (Cassini 1595, pp. 49-50).
14. The surveyed measurement is in fact 8.065 m (see the contribution on the survey by Gianmarco Mei in this volume).
15. The modeling and rendering work was carried out by Stefania Iurilli while the astronomical coordinates were elaborated by Manuela Incerti. Georg Zotti oversaw the implementation on Stellarium.

14.
The projection of the solar image at the solstices in the software *Stellarium*, with the use of the PCSS algorithm which simulates the conical light beam (model by Gianmarco Mei, implementation in *Stellarium* by Georg Zotti).

15.
Rendering of the solar image with the *Cycles path tracer* in *Blender 3.4* at summer solstice (top), spring equinox (center; compare Fig. 6) and winter solstice (bottom). A volume of scattering material was utilized to directly create the displayed light cones, without an additional conical light source. Note that the gnomonic hole is so small that the sunlight had to be made unnaturally strong (model by Gianmarco Mei, rendering by Georg Zotti).

16.
Exterior view of Theodoric's Mausoleum (Photo M. Incerti).

Image p. 244:
Gnomonic hole of the sundial at San Michele in Bosco (Photo by Gianmarco Mei).

On the alignment of the pyramids: a statistical approach

Luca Santoro

Key words
Pyramids
Alignment
Cubit
Error
Gaussian

Introduction

The pyramids, constructed in Egypt between the 3rd and 2nd millennium BC, have always aroused the interest of scholars. Until now, numerous hypotheses had formulated on how they could have built, and there are still grey areas in understanding their construction. Although the purpose of the structures is clearly to be monumental tombs of kings and queens, the form and orientation have a totally symbolic character that synthesises the culture, knowledge and technique of an entire society (Magli 2013; Magli 2016). Measurements of the orientation of pyramids have been carried out systematically since the 19th century, with the pioneering work of Petrie (1883), and continued to the present day (Nell and Ruggles 2014). Attention has focused on how the sides of the pyramids' base align with respect to the cardinal directions. The interpretation of this data has generated numerous hypotheses about the symbolic purpose of orientation. The Egyptian pyramids all have a square or rectangular base, which implies that if one side has a North-South direction, the other perpendicular will necessarily have an East-West direction. The cardinal points can all be considered as the main targets of architectural representation, since they define themself with respect to the position of the Sun during the year, and we know how fundamental and central the Sun is in Egyptian culture.

From the study of Egyptian hieroglyphics, we know there was a religious ceremony called 'stretching of the rope' (Miranda, Belmonte, Molinero 2008; Melika 2020). During this ceremony, the Pharaoh and the goddess Seshat stretched and aligned a rope that permanently marked the direction of the building's foundation. However, the construction methods used to build such monuments are still unknown.

The data collected during the survey campaigns, although showing slight variation due to the measurement process and increasingly precise instrumentation, have been the subject of several considerations. The first unavoidable consideration points to the feasibility of such imposing architectural constructions, to which one associates the measurement error equal to that of contemporary scholars, as if they had the same methodologies as the ancient builders. The use of the gnomon and merkhet find archaeological and interpretative confirmations (Zinner 1931; Isler 1989; Isler 1991a; Isler 1991b). However, there are no findings confirming the use of a compass (Nell and Ruggles 2014), nor are there any references to such tools in known hieroglyphics.

The second assessment concerns why the pyramids are not all aligned in the same direction and whether this is due to a construction error or an intentional choice of orientation. Attempts to interpret the latter have essentially led to two different scenarios. Spence's (2000) accredited interpretation shows a relationship between the construction times of several pyramids and the discrepancy between the orientation of the base sides of the constructions and the North direction. Spence hypothesises that the detection of this orientation is due to the observation of the simultaneous transit of pairs of circumpolar stars undergoing precession motion (Zaba 1953). This hypothesis is supported by the observability of the phenomenon and by the fact the stars close to the celestial north pole are considered gods in the Egyptian pantheon. These gods also mentioned in the hieroglyphics describing the ceremony of the stretching cord (Miranda, Belmonte, Molinero 2008; Melika 2020).

This hypothesis is subject to criticism, both because of the lack of symbolism of the Sun and because measuring the position of stars during the night manifests an observational difficulty that is difficult to estimate. The second scenario considers only the cardinal orientations of the Sun as the ultimate goal. Knowledge of the Sun's position at noon determines geographic North and South, while equinox days define East and West (Isler 1989; Dash 2017). This assumption should be taken into consideration as the observability of the Sun's shadow through instruments of the period attested and found during excavation campaigns is certain; furthermore, the Sun's role would again be central to the symbolism recreated by the architectural structures.

The considerations of the data collected focus mainly on the measurement error underlying the entire construction and the symbolism of orientation, but still leave open the possibility of different interpretations.

Statistical hypothesis

All interpretative ideas recognised by the scientific community are based on one assumption: estab-

lishing a measured direction from stars or Sun observations. Subsequently the cord is stretched, and a series of foundation blocks are aligned next to it (Melika 2020). Analysing this procedure, clear in any scenario and accredited interpretation, it can identified several sources of error: measurement and realisation. The first reason is related to the process of measuring direction. Considering the instruments available to the ancient Egyptians, we cannot determine whether measurements were obtained from linear or angular measurements, i.e. using a ruler or a compass, as we have no evidence of using any type of compass. The stretching cord by ceremony introduces an additional source of error due to the imperfect alignment of the rods around which it is wound (Isler 1989, fig. 11-12). Aligning the building blocks along the direction demarcated with the rope represents the last foundation operation. However, this operation can be a source of errors due to inaccuracies in the construction of each block, squaring problems and possible ground structural failure beyond the space created between one block and the next. Although there may be an imprecision at each stage of the foundation, which cannot be measured because it is well below instrumental precision (as these are exceptional measurements), each error adds to the next inevitably, generating a random error that cannot eliminated. The data available consist of orientation measurements of the pyramids concerning the cardinal points. A statistical sample is selected for the pyramids that have a direction close to the cardinal points so as not to use data that have no

Pyramid	Base side OB [m]	Measured angle AOB	Distance AB [m]
Djedefre	106 (Verner 2001, p. 462)	-43,9' (Mathieu 2001)	-1,353
Djoser	109 (Verner 2001, p. 461)	+3° (Spence 2000)	+5,7
Meidum Snefru	144 (Verner 2001, p. 461)	-18' (Belmonte 2001)	-0,754
Seila	25 (Verner 2001, p. 461)	+0' (Belmonte 2006)	+0
Meidum Elephantine	23,4 (Verner 2001, p. 462)	-18' (Belmonte 2001)	-0,123
Meidum Bent	189,4 (Verner 2001, p. 462)	-12' (Belmonte 2001)	-0,661
Meidum Red	220 (Verner 2001, p. 462)	-9' (Belmonte 2001)	-0,576
Khufu	230,38 (Verner 2001, p. 462)	-3,4' (Nell 2014)	-0,228
Khafre	215,25 (Verner 2001, p. 463)	-4' (Nell 2014)	-0,251
Menkaure	104,6 (Verner 2001, p. 463)	+12' (Nell 2014)	+0,365
Shepseskaf	99,6 (Verner 2001, p. 463)	+30' (Belmonte 2012, p.184)	+0,869
Userkaf	73,3 (Verner 2001, p. 463)	+15' (Belmonte 2012, p.184)	+0,319
Sahure	78,5 (Verner 2001, p. 463)	-23' (Belmonte 2001)	-0,525
Neferirkare	104 (Verner 2001, p. 463)	+30' (Belmonte 2001)	+0,908
Unas	57,75 (Verner 2001, p. 464)	+17,1' (Spence 2000)	+0,287
Senusret I	105,2 (Verner 2001, p. 465)	-1,5° (Spence 2000)	-2,75
Amenemhet III Darshur	105 (Verner 2001, p. 465)	+15,7' (Spence 2001)	+0,479

1.
The deviation from cardinality. The base side of any pyramid OB has an edge on the North-South cardinal axis indicated with an arrow pointing N, and the other edge B will have a certain perpendicular distance to the same axis, forming a measured angle AOB.

Tab. 1.
The data available for the pyramids examined are summarized here. The first column shows the name of the pyramid itself; in the second column dimensions of the base side in the north direction; in the third column there are the angular measurements obtained by the respective scholars to show the orientation with respect to the North direction: the value is positive if it is towards the East, minus if towards the West; the fourth column is the calculation of the distances AB using the trigonometric relation.

other clear symbolic objective.
By referring to [fig. 1], the measurements collected concern the angle AOB formed by the base side of the pyramid and the cardinal direction North. The triangle AOB by construction is rectangular in A, since AB constitutes a distance of the pyramid's edge from the north cardinal axis. Assuming that the ancient Egyptian builders did not have a compass at their disposal to measure angular quantities, here it is proposed to estimate the orientation of the pyramid by the linear measurement of the distance AB. It is possible to derive the latter from a simple trigonometric relation in which the side BO is the hypotenuse, and AB is a cathetus AB = BO sin (AOB). We can obtain this operation for the pyramids of which we have the necessary information. The data collected summarised as follows in tabular form [tab. 1].

Analysis

In order to investigate the nature of the pyramids' orientation, it assumed that all of the pyramids examined constructed using the same method. No consideration was given to the possible date of construction, focusing solely on accuracy or operational error. What is immediately noticeable is that the AB distances are of the same order of magnitude, but the pyramids of Djoser and Senusret I differ significantly from the others. These two pyramids have been excluded from the current analysis, but could be the subject of further investigation to understand the reasons for this marked difference. We cannot exclude that this is due to a different construction method or an exception in construction, but, in any case, it isn't possible to analyse statistically. Thus, there are 16 data available, i.e. the statistical sample. Below are summarized the results of statistical tests [tab. 2].

Statistical results	
μ (media)	-0,083
σ (deviazione standard)	0,632
Shapiro-Wilk test	0,901
p-Value	0,749
Kolmogorov-Smirnov test	0,128

The statistical analysis proposed here has goal to identify, if any, the possibility of estimating construction errors. To this end, two main tests were lead to determine whether it rejected the null hypothesis. Recall that the null hypothesis holds that the data are randomly distributed and thus approximate a Gauss normal distribution. Below are the results of statistical tests The result shown in [table 1] through 3 types of tests is as follows: the sample analysed, although small in number, is very close to being distributed as a Gauss Normal. To conclude, then, it is possible to calculate the statistical error on the calculated mean of the AB: μ = -0,083 ± 0,46 m for a 99.5% confidence interval. The result can summarised in the plot in [fig. 2].

Conclusions

It can be deduced from the the statistical analysis results that the mean of the AB distances is much smaller than the error itself, so it can concluded that it is close to zero. In addition, the effect of randomness due to the shape of the distribution itself is clearly visible, an effect expected in any measurement operation and construction repeated and analysed in the previous paragraph. Instead, the statistical error is a value close to the royal Egyptian cubit (about 52 cm) used as a reference unit for every measurement and realisation of the building blocks (Hemeda 2020; Maragioglio 1965, 1966, 1967). Considering the size of the blocks, the alignment of the blocks along the direction marked with the chord elongation ceremony and the statistical error calculated above, it can concluded that along the north-south direction the blocks are never out of alignment. Thus, pyramid always ordered according to the cardinal points. In [fig. 3] such a possibility is drawn: the blocks are above the North-South direction without ever deviating from it, considering their width. Only in the case of measuring the direction of alignment along the outer sides is the deviation from cardinality measured.
Symbolically, the Sun again takes centre stage in the interpretation of orientation. The only perplexity might be the privileged use of North-South direction over East-West. The favourable aspect of the proposed statistical analysis is that it provides a measurement error estimate and construction method used by the ancient Egyptians. This estimation shows well above contemporary ones obtained with decidedly more sophisticated instruments. In addition, the possibility of not using any compasses highlighted. A further indication of coherence of the results and the scenario envisaged in this study is the seked,which represents the slope of the inclined surfaces. This parameter is fundamental for the construction of pyramids and is also mentioned in the mathematical problems shown in the Rhind papyrus (Miatello 2009): it calculated on the basis of the cubit and its submultiples. You can be found proof of this in the few covering blocks of the pyramid of Khufu (Dash 2012) that have a slope related to that of the entire pyramid. The statistical approach described here can be used as an additional tool for investigat-

Tab. 2.
Results obtained from statistical tests.

2.
The distributions of the distances AB and the relative probability density function of the observed one, marked with the dashed line, and of the theoretical one having the same mean μ (the most probable value) and the same standard deviation σ as the one observed. The PDF is used since the distance variable AB is continuous and cannot assume pre-set values.

3.
Reconstruction of the alignment of the blocks in plan view. Although the building bricks may still result in the North-South direction, if you can consider only the outer edge, then the direction measured may be different from the cardinal one, marked with the second axis D and will have a certain angular distance from the North-South axis.

Image p. 266:
The Pyramids of Giza, Egypt (foto di S. J. Pinkney).

ing the manner of construction, possible construction error, and the cultural and symbolic objectives of ancient architectural structures of all types, especially considering the scenario of having much more data available thanks to future digital surveys.

Decomposing complexity: a visual reading of Vasari's ceiling at Sant'Anna dei Lombardi

Greta Attademo, Alessandra Coppola

Key words
Giorgio Vasari
Geometric shapes
Religious virtues
Celestial constellations
Church of Sant'Anna dei Lombardi

Introduction

Giorgio Vasari's design for the ceiling of the refectory, now converted into a sacristy, of the Church of Sant'Anna dei Lombardi in Naples [Fig. 1], is a shining example of how the expert interweaving of architecture, geometry and astronomy can be the source of inspiration for a compositional and symbolic project of extraordinary fascination. The rich artistic decoration wonders and surprises the observer; the perception that follows is of a harmoniously and complex *unicum*, the syncretic result of the fusion of these disciplines that, finding motive and inspiration in each other, allowed Vasari to emancipate his own artistic and cultural vision. The Neapolitan ceiling experience declares Vasari's skill as a mediator between classical and mannerist culture of the early 16th century, between the scientific discoveries of the time and the new ideals of obedience and guided public devotion that were spreading through the theorists of the Counter-Reformation (De Castris 1982). The church, known today as Sant'Anna dei Lombardi and initially named the Church of Santa Maria di Monteoliveto, was founded in 1411 by the will of Gorello Origlia, a prothonotary in the service of King Ladislao di Durazzo (De Seta, Buccaro 2009). It was assigned to the Olivetans, a monastic congregation of the Benedictine Order (Scarpini 1952), and its importance grew considerably with the time. If originally, under the reign of Alfonso I of Aragon, the church was built as a modest religious structure, during the reign of Alfonso II, it was enlarged and then transformed into a monastic complex of major importance, having three cloisters and surrounding land that the monks cultivated to get food and sustenance from it (Frey 1923; Celano 1952). In 1544, Giorgio Vasari was called to decorate the refectory-cenacle within this monastic complex. (Vasari 1568, p. 384). Two members of the Olivetan order, Don Miniato Pitti of Pistoia and Don Ippolito of Milan, convinced, in fact, the Neapolitan abbot Don Matteo Cristiani D'Aversa to commit Vasari to renovate the refectory, previously decorated with frescoes representing the Last Supper and the Crucifixion of Christ (Scarpini 1952). Don Miniato Pitti, in particular, played a fundamental role in Vasari's establishment on the cultural scene in 16th century Italy, being a great admirer and protector of the artist from his beginning. (De Castris 1982). Don Miniato Pitti in fact entrusted Vasari with his first important commission, consisting of the decoration of the refectory within the Monastery of San Michele in Bosco in Bologna (Fortunati 1996). The decorative cycle in Bologna was the prologue to a successful collaboration that led, later, the painter of Arezzo to Naples. The Neapolitan experience is described by Vasari in his famous text *Le Vite de' più eccellenti pittori, scultori e architettori*. He says that he did not immediately accept the commission, fearing that it might bring him little credit to work in such a complicated space, "*[…] essendo quel refettorio e quel monasterio fatto d'architettura antica e con le volte a quarti acuti, e basse e cieche di lumi […]*" (Vasari 1568, p. 384). He decided, finally, to intervene by drawing up a decorative program "*[…] che là dove conoscendo non poter fare cosa buona, se non con gran copia d'ornamenti, gl'occhi abagliando di chi avea a vedere quell'opera con la varietà di molte figure, mi risolvei a fare tutte le volte di esso refettorio lavorate di stucchi, per levar via, con ricchi partimenti di maniera moderna, tutta quella vecchiaia e goffez[z]a di sesti"* (Vasari 1568, p. 384). Vasari, therefore, designed an intricate and complex project to transform the dark and narrow refectory into a bright and magnificent space through the reworking of three cross vaults stuccoed and covered with rich and brilliant decoration. The latter becomes an expression of a strongly didactic and consistent dogmatic program carried out under the careful supervision of Don Miniato Pitti, as evidenced by the plentiful correspondence between the two (De Castris 1982). Although Vasari never explicitly unveiled the complex symbolism hidden in the ceiling decoration, it is known that the message behind it was intended for Olivetan monks, as a visible and tangible

1. The refectory of the church of Sant'Anna dei Lombardi in Naples (photo by Alessandra Coppola)

2. Detail of the cross vault dedicated to the theme of religion (photo by Alessandra Coppola)

3. First level of reading. The central octagon, positioned in the keystones, contains the allegories of religion, eternity and faith (graphic elaboration by Alessandra Coppola)

4. First level of reading. The diagonals of the cross vaults end in large ovals (graphic elaboration by Alessandra Coppola)

5. First level of reading. The perpendicular lines of the cross vaults end in rectangles (graphic elaboration by Alessandra Coppola)

representation of what monastic life required within the Order (Vasari 1568). Indeed, the Vasarian ceiling presents an articulated configuration, in which formal and symbolic elements intertwine and combine, creating a multiplication and amplification of their respective meanings within a single and overall scheme [Fig. 2]. Although this Vasarian work has been investigated in different studies and researches, there is still a limited bibliography in reference to the stages of reading the decorative components. The present research intends, therefore, to elaborate an analysis by successive levels, through a discretization of the decoration that proceeds, both in terms of dimension and importance, from the largest to the smallest scale. The plurality and variety of the elements that make up the decoration, induces, in fact, the construction of three separate levels of reading, each of them analyzed in its geometric, iconographic and symbolic properties. The first level of reading deals with the representation of virtues, gifts and fruits of the Holy Spirit, depicted in octagons, rectangles, and ovals; the second level of reading refers to the analysis of the celestial constellations, depicted in circles and hexagons; and the third and final level of reading consists of the grotesques, depicted through free forms. The analysis by levels is supported by sequential graphic diagrams that recompose the artistic design as a whole. The drawing becomes, therefore, an instrumental operation of communication of artistic invention, an act of graphic decoding that, through the decomposition by parts, makes evident and, thereby, legible the compositional process of the decoration and the relationships between its components.

First level of reading

The first level of reading of the ceiling is characterized by the representation of virtues, gifts and fruits of the Holy Spirit, arranged within a rigid geometry composed of octagons, rectangles and ovals. Vasari uses these geometric shapes as frames within which to represent his allegories. In this first phase, he organizes the space by following and highlighting the lines of force of the structural system of the three cross vaults. The stuccoed vaults, developed on a slightly variable rectangular plan, have depressed pointed arch directrices (Miele et al. 2022). Vasari repeats the same geometric design in the three vaults and then articulates different narrative and figurative themes in each. In correspondence with the keystone of each vault there is an octagon (side 62 cm, radius 81 cm), the central geometry of the system. [Fig. 3]. In the octagon, Vasari inserts the allegorical figure that governs and presides over the narrative of the relevant vault: Religion, in correspondence with the altar, Eternity in the central vault, and Faith near the exit from the refectory. Indeed according to Celano, at the time Vasari designed and carried out the ceiling embellishment, access to the refectory was located on the opposite side to the current entrance, it was accessed from the third cloister of the monastic complex, which no longer exists today (Celano 1952). Starting from the central octagon, the geometric design is articulated along the diagonals and along the perpendiculars of the vaulting arches. The diagonals end in four ovals (minor semi-axis 50, major semi-axis 75 cm) [Fig. 4], while the perpendiculars end in four rectangles of two different dimensions (123 x 75 cm and 189 x 69 cm) [Fig. 5]. These shapes generate, according to the central octagon, a St Andrew's cross and a Greek cross, respectively. The two crosses suggest the rotational movement of the eight arms around the central octagon, figuring the celestial rotation and the Trinitarian design (De Girolami Cheney 1993). Their positioning along the force lines of the vaults is emblematic: they represent the main axes of the world and the universe, becoming the main link between the divine and terrestrial worlds. In the rectangles and ovals, personifications of virtues, gifts and fruits of the Holy Spirit are depicted [Fig. 6]. In the vault dedicated to Faith are represented subjects connected to the relationship with God and belief; in the vault of Eternity are represented figures connected to the existential and human condition of the monks; in the vault dedicated to Religion are represented images related to the religious life of the order (De Girolami Cheney 1993). The layout of the religious allegories, therefore, does not respect the canonical Christian classification into cardinal virtues, theological virtues, gifts and fruits of the Holy Spirit [Fig. 7]. Vasari, in fact, re-elaborates the religious figures linking their meaning with the central figure placed in the octagon, turning the representation into a didactic act able to suggest to the monks the qualities to be pursued for eternal salvation (Vasari 1568). The geometric connection accentuated by radial, axial and diagonal movements suggests the symbolic relationship between the parts: the dominant central figure governs four gifts of the Holy Spirit, represented in the rectangles; the allegories of virtues, contained in the ovals, are the qualities required of the monks to obtain the gifts granted by the central figure (De Girolami Cheney 1993). In the decorative composition of the refectory, therefore, Vasari fuses religious aspects, linked to the Olivetan order and represented in the geometric figures, with references to the movement of the earth and the stars, highlighted by the directional lines and connections between the parts. In order to understand this relationship, it is necessary to consider the references adopted by Vasari in the construction of the ethical-didactic discourse. The religious symbolism, in fact, joins the teachings of St Benedict and the Christian-Judean

6.
First level of reading. The ovals and rectangles frame personifications of virtues, gifts and fruits of the Holy Spirit (graphic elaboration by Alessandra Coppola)

7.
The arrangement of religious allegories does not respect the canonical Christian grouping into cardinal virtues, theological virtues, gifts and fruits of the Holy Spirit (graphic elaboration by Alessandra Coppola)

8.
Second reading level. Circles frame images depicting the celestial constellations (graphic elaboration by Greta Attademo)

9.
Second reading level. Hexagons frame images depicting celestial constellations (graphic elaboration by Greta Attademo)

10.
Second level of reading. Circles and hexagons visually create circumferences around the central octagon that allude to the rotational movement of the universe (graphic elaboration by Greta Attademo)

literary tradition, with particular reference to Prudentius' *Psychomachia*; the reference to astronomy, on the other hand, is understandable considering the 16th century's renewed dissemination of Ptolemy's *Almagest*, the new scientific discoveries and the contemporary publications, such as Pico della Mirandola's *Disputationes adversus astrologiam divinatricem* and Nicholas Copernicus' *De revolutionibus orbium coelestium* (De Girolami Cheney 1993).

Second level of reading

The first level of reading of the vault highlighted the dominance of religious symbols, placed in the main geometries of the architectural structure (keystone, arches and barrel portions of the vault) and visually reinforced by the directional forces generated by the Greek cross and St. Andrew's cross. The second level of reading, however, moves to the residual areas of the vault, 16 polygonal regions in each span outlined by thick, black broken lines. Vasari decides to locate a circle or hexagon containing a celestial image in the barycentre of each area; in fact, the 48 painted images represent the constellations of the Ptolemaic cosmological system. The astronomical allusion, in addition to the iconographic subjects, is also contained in the relationships between the geometric shapes: the circles [Fig. 8], first, and the hexagons [Fig. 9], later, create two circumferences apt to symbolize the cyclic and rotational movement of the universe. The circularity of the cosmos, however, maintaining its centre in the octagon [Fig. 10], is again a religious metaphor for God's power as creator of heaven and earth. The arrangement of the constellations made by Vasari is very interesting, as this does not follow the ordinary historical subdivision (12 zodiacal and 36 Ptolemaic constellations) [Fig. 11], nor that by celestial positioning (21 boreal, 12 equatorial and 15 austral constellations) [Fig. 12], nor even a grouping by families (family of Perseus, Hercules, Orion, Zodiac, Ursa Major) [Fig. 13]. The incompatibility of the arrangement with that familiar at the time through maps and celestial charts would suggest a lack of astronomical knowledge by Vasari. Actually, several considerations disprove this hypothesis. First of all, art historian De Girolami Cheney identifies numerous iconographic references used in the drawing of the constellations. They are traceable in reprinted editions of Angelus' *Astrolabium planum* dated 1488 and Agrippa's *De occulta philosophia* dated 1530, as well as in new treatises of the time, such as Igino's *De Astronomia* in the edition by Melchiorre Sessa and Pietro di Ravani of 1517 and Luca Gaurico's *Tractatus astrologicus* of 1525 (De Girolami Cheney 1993). Moreover, in 1544, Vasari not only began the decorative work in the Neapolitan refectory but also finished the *Portrait of Six Tuscan Poets* commissioned by Luca Martini, an influential man of letters in the Florence of Cosimo de Medici. Vasari paints in this canvas, in front of Dante Alighieri's effigy, a globe that seems to pay homage to the passage in the *Divine Comedy* in which the vate, having arrived in the celestial zone occupied by the constellation Gemini, is invited by Beatrice to look down to observe the path he has travelled. From that dizzying height, the poet is able to see all the planets and the Earth infinitely distant (Novella Macola 2012). In order to depict the constellations, Vasari was inspired by the *Hemisphere Borealis and Hemisphere Austral* xylographies made by Albrecht Dürer in 1515, combining them, in his own 'manner,' into a single globe. Returning to the Neapolitan case study, it should be considered that the iconographic program was devised not by Vasari, but by Gian Matteo D'Aversa and Miniato Pitti; the latter, being an outstanding astronomer (Rosen 2003), "*non avrebbe mai potuto lasciare al caso fraintendimenti nel posizionamento o nel raggruppamento delle costellazioni […]*" (De Iulis 2021, p. 58). It is clear from such notations that the intention in the Neapolitan case was not to faithfully reproduce the celestial world. According to De Iulis, in fact, "*la tematica cosmografica e quella astrologica sono talmente ricorrenti e usate nelle decorazioni di soffitti e volte dei palazzi del XV e XVI secolo, da poter addirittura dividersi in gruppi tematici differentemente strutturati acciocché il fruitore dell'epoca potesse immediatamente coglierne la diversa natura e non ricondurlo al generico ambito astronomico laddove il messaggio fosse ben più accurato e puntuale*" (De Iulis 2021, p.53). In fact, the art historian distinguishes three different cases. The first is that of constellations represented with scientific rigor, in which the figures maintain the composition and position of the stars, as happens in the ceilings of the Sala Bologna in the Vatican and the Sala del Mappamondo in the Palazzo Farnese in Caprarola. The second case is when the constellations are accompanied by the personification of the planets, alluding to the client's horoscope and natal chart, as occurs in the Loggia di Galatea in the Villa Farnesina in Rome and in the Salone di Palazzo Rucellai painted by Jacopo Zucchi. The third is that of constellations inserted in a precise geometric grid, which allude to a deeper symbolic meaning, as happens in the ceiling of the Sala del Firmamento in the Palazzo Chiericati in Vicenza and, indeed, in the case study here analyzed. Having ascertained the symbolic value attributed to the constellations painted in the refectory of Sant'Anna dei Lombardi, however, their precise meaning remains uncertain. De Girolami Cheney believes that the celestial images contain a theological meaning (De Girolami Cheney 1993). The span of Religion, devoid of zodiacal constellations, alludes to the creation of the cosmos before man; the constellations present would foreshadow biblical images such as,

for example, Cepheus-Adamo and Cassiopeia-Eva. The span of Eternity recalls Vasari's Neo-Platonic view of the universe: after creating the cosmos, God makes a world suitable for man and controlled by the zodiacal constellations, all of which are represented here except for that of Pisces. According to the philosophy of Ficino – who is also depicted by Vasari in the *Portrait of Six Tuscan Poets* - the Zodiac affects the personality, attitudes and behavior of each individual. The span of Faith, on the other hand, shows constellations related to the aquatic world, such as the zodiacal Pisces, but also Whale, Argo, Southern Fish and Eridanus; these signs imply the importance of baptism, the sacrament that opens man's path to redemption and salvation through Christ. According to De Girolami Cheney, therefore, the constellations express a symbolic message of hope and love addressed to the Olivetan monks, who, by observing the vault, were supposed to understand that submitting to celestial laws meant responding to God's will (De Girolami Cheney 2019). According to the more recent interpretation by Enrico De Iulis, however, the Ptolemaic constellations, placed together with the Christian virtues, constitute a typical example of mnemonics, a discipline that identifies techniques and rules for memorizing complex information (De Iulis 2021). Mnemonics, although widely used in the Renaissance period, has very ancient roots that have been transmitted over the centuries from the Greeks, the Romans, and all the way to the medieval church fathers. Moreover, the Dominican Johannes Romberch published in 1533 the *Congestorium Artificiosae Memoriae*. It is a highly popular text in religious orders that proposed, among others, the suitability of constellation images, when placed in specific areas, to fix complex notions, such as the order of sermons on vices and virtues (Yates 1993, p. 108), passages from sacred texts, or the sequence of virtues to be pursued (De Iulis 2021). In this hypothesis, thus, the constellation images would act as a tool for memorizing religious concepts. In this way, the role of the golden lines covering the entire structure of the vault and connecting the various images would also be understood: these would constitute a network of mental paths that each monk could have personally chosen in order to remember the virtues to be pursued. Regardless of the correct interpretation to follow, there is no doubt that Vasari's vault had a didactic and instructive purpose aimed at Olivetan monks.

Third level of reading

The reading of the vault concludes with an analysis of the decorative images that Vasari inserts in the background of the architectural compartments [Fig. 14] containing the shapes of circles and hexagons. The artist says in *Le vite* that "*per arricchire i vani delle volte, gli feci pieni di grottesche, le quali in 48 vani fanno ornamento alle 48 immagini celesti*" (Vasari 1568, p. 385). Grotesques constitute a type of wall embellishment particularly in vogue during the Renaissance period. The name derives from the decorations found in the so-called 'grottoes' of the Esquiline Hill in Rome (Cellini 1964, p. 154), namely among the underground remains of Nero's Domus Aurea discovered in 1480. Although many authors used this term[1], the earliest description of the genre and technique of execution is precisely that made by Giorgio Vasari in *Le vite*. He, in fact, devotes Chapter XXVII of the *Introduzione alle Tre Arti: della Pittura* to describing the working of grotesques on stucco and walls, calling them "*una spezie di pittura licenziose e ridicole molto*" (Vasari 1568, p. 143). This decorative style, in fact, is characterized by a variety of extravagant elements combined in an imaginative and playful way in order to achieve dynamic and balanced ornamental compositions. The third level of reading the artistic composition, is therefore constituted by the multiplicity and interweaving of disparate decorations: fantastic animals, ancient gods, mythological creatures, plants, floral elements, theatrical scenery, objects and architectural elements. These, although very different in form and content, are designed to achieve a rhythmic, balanced and symmetrical composition along the central axis of the architectural environment. The grotesques, in fact, are depicted as floating forms free to move in the painted space; lodging in the non-geometrical sections of the vault, they provide a counterpoint to the rigid organization of astral and religious figures. The inclusion of the grotesques in the cross vault does not only pursue an ornamental function, but also plays, once again, a didactic role. The richness and fusion of classical and Renaissance motifs, natural, artificial, and fantastic images aims to symbolize the ambiguity, precariousness, and balance underlying the physical world (Acciarino 2019). The dynamic combination has a playful and divertissement function intended to provoke in the viewer that sense of delight and pleasure, typical of experiencing the earthly world. The geometry of the areas in which the grotesques are placed, moreover, being more square and complex, alludes to the earthly world and contrasts with the more organic and regular nature of circles, ovals, hexagons and octagons that represent, instead, the metaphysical and divine world. The two crosses connect the physical and otherworldly worlds: the Greek cross indicates the main direction to reach the heavenly world; the cross of St. Andrew represents the unity and indivisibility between the two worlds. Thus, Vasari realizes an ascending symbolic movement with the purpose of pointing the monks in the direction to reach God. Although Vasari used grotesques also in other pictorial programs, their specificity in

11. The arrangement of constellations does not follow the ordinary historical subdivision (graphic elaboration by Greta Attademo)

12. The arrangement of constellations does not follow the ordinary subdivision by celestial positioning (graphic elaboration by Greta Attademo)

13. The arrangement of constellations does not follow a grouping by celestial families (graphic elaboration by Greta Attademo)

14. Third level of reading. Grotesques symbolizing the earthly world are depicted in the background of the architectural compartments (graphic elaboration by Greta Attademo)

15. The three reading levels of the Vasarian ceiling superimposed to reconstitute the unified compositional scheme (graphic elaboration by Alessandra Coppola)

Image p. 274. Detail of the ceiling decorated by Giorgio Vasari in the refectory of the Church of Sant'Anna dei Lombardi in Naples (photo by Greta Attademo)

the Neapolitan case is to accentuate the vertical and celestial vision of the refectory's vault.

Conclusions

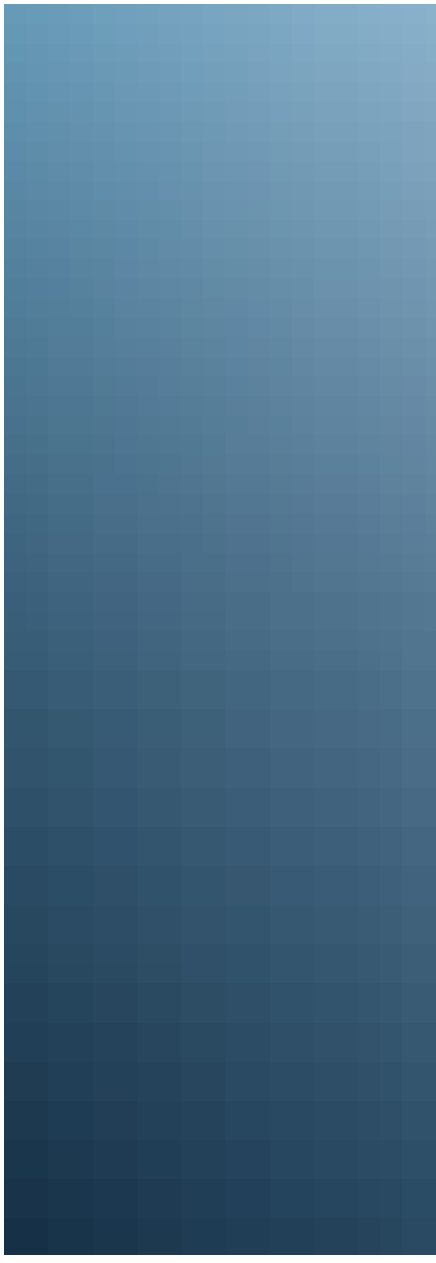
The decoration executed by Giorgio Vasari on the refectory's vault of Sant'Anna dei Lombardi in Naples constitutes a complex and intricate program of iconographic, geometric and symbolic connections that, as such, requires a reading subdivided by parts and contents [Fig. 15]. The interpretation made through different levels of reading allows, in fact, to rediscover the narrative that should have guided the Olivetan monks in the Renaissance era and to redeliver it to contemporary observers. The narrative, masterfully conducted on the architectural structure of the vault, certainly has a didactic purpose, but it is open to two possibilities. On the one hand, it could define a symbolic reminder for the monks, able to show them how to lead a proper life on earth and how to achieve eternal salvation in heaven. On the other hand, it could allude to a system of memorization of complex religious meanings through the skillful use of images and their collocation. The fusion of ancient and modern images, biblical and scientific references, sacred and profane visions and cosmic realms, however, makes Vasari's vault decoration extraordinary and unique, becoming an important example of the profound relationship that can be established between the disciplines of architecture, geometry and astronomy.

Credits and Acknowledgements

Alessandra Coppola is the author of the paragraphs "Introduction" and "First level of reading". Greta Attademo is the author of the paragraphs "Second level of reading", "Third level of reading" and "Conclusions".

→ Architettura, geometria e astronomia
Collana diretta da **Laura Farroni, Manuela Incerti, Alessandra Pagliano**

Esiste un patrimonio culturale tangibile e intangibile, rintracciabile in opere di architettura, siti archeologici e manifestazioni artistiche, fortemente connesso all'evoluzione del pensiero scientifico di carattere astronomico. La geometria e il disegno, attraverso l'elaborazione del pensiero astratto, hanno contribuito potentemente allo sviluppo delle capacità di misurare il tempo, di comprendere il movimento dei corpi celesti nello spazio e di rappresentarli in terra. Questo secondo volume della collana Architettura, Geometria e Astronomia intende raccogliere ulteriori spunti di ricerca e di riflessione sul tema, secondo un approccio multidisciplinare che guarda contemporaneamente alla storia delle discipline e alle applicazioni odierne.



ISBN: 978-88-3359-675-4

libreriauniversitaria.it edizioni