

dottorando
SALVATORE PERRUCCI
tutor
prof. arch. **ALESSANDRA PAGLIANO**

LE LINEE DEL TEMPO

ARCHITETTURA, GNOMONICA , GEOMETRIA

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II

DOTTORATO DI RICERCA IN RILIEVO E RAPPRESENTAZIONE DELL'ARCHITETTURA E DELL'AMBIENTE

Università degli Studi di Napoli Federico II

Dottorato di Ricerca

in **Rilievo e Rappresentazione dell'Architettura e dell'Ambiente**
ciclo XXV

Coordinatore

Riccardo Florio

Collegio dei docenti ICAR/17

Jeanfrançois Cabestan

Massimiliano Campi

Mara Capone

Alberto Coppola

Mariella Dell'Aquila

Antonella di Luggo

Francesco Maglioccola

Alessandra Pagliano

Indice

Premessa

PARTE PRIMA

IL TEMPO NELLA SUA TRIPLICE CONCEZIONE FILOSOFICA

CAPITOLO PRIMO

Il Tempo come Casualità, Possibilità, Coscienza

p. 15

- 1.1 Il Tempo come Casualità.
- 1.2 Tempo come Possibilità
- 1.3 Il Tempo come Coscienza.

PARTE SECONDA

IL PROBLEMA DELLA MISURAZIONE DEL TEMPO TRA GNOMONICA E GEOMETRIA.

CAPITOLO SECONDO

La Gnomonica nei trattati di Geometria Descrittiva.

p. 23

- 2.1 Origini e testimonianze lapidee sulla misurazione del Tempo
- 2.2 I primi strumenti di misura nel mondo egiziano e nelle prime testimonianze greco-romane
- 2.3 Il "De Architectura" di Vitruvio, primo trattato di Gnomonica
- 2.4 La prima architettura solare nella Roma augustea
- 2.5 Ore sacre nei monasteri benedettini
- 2.6 Ippolito Salo' e il suo "Tabulae Gnomonicae"
- 2.7 La scoperta occidentale dello gnomone
- 2.8 La Gnomonica tra trattati, geometria e invenzioni solari nel 500
- 2.9 La Gnomonica rinascimentale: tempo del progresso e creazione divina
- 2.10 Il primo orologio catottrico nell'opera di Athanasius Kircher
- 2.11 Newton, Wren e le loro sperimentazioni catottriche
- 2.12 Maignan, Nicéron e la Gnomonica monumentale moderna
- 2.13 Gnomonica e geometria descrittiva dal primo 800 alle nuove scoperte
- 2.14 Passione e divulgazione contemporanea

CAPITOLO TERZO

Modelli geometrici virtuali per lo studio della Gnomonica

p. 49

- 3.1 Dal sistema geocentrico al sistema eliocentrico
- 3.2 La sfera terrestre nella teoria copernicana
- 3.3 La sfera celeste ed il moto apparente del Sole
- 3.4 La metodologia dei cono di luce per il disegno dei quadranti solari
- 3.5 I sistemi orari e la loro classificazione
- 3.6 Tipologia e classificazione degli Orologi Solari
- 3.7 Il progetto dell'orologio perduto nel campanile della Chiesa di Santa Maria della Neve presso Ponticelli.

PARTE TERZA

GLI OROLOGI SOLARI DI ALZANO LOMBARDO

CAPITOLO QUARTO

Gli orologi catottrici di fra Domenico

p. 81

- 4.1 Il chiostro di Santa Maria della Pace tra decadenza ed antichi splendori
- 4.2 Il chiostro oggi da casa di riposo a struttura ospedaliera
- 4.3 Fra Daniele e i suoi quadranti catottrici
- 4.4 Restauro e ripristino funzionale del quadrante catottrico nel chiostro di San Cristo a Brescia
- 4.5 L'orologio a piano verticale del chiostro di Santa Maria della Pace
- 4.6 La metodologia dei cono di luce applicata al ridisegno del quadrante verticale
- 4.7 Il quadrante solare virtuale e l'orologio rilevato: comparazione delle linee diurne orarie
- 4.8 Gli orologi catottrici del chiostro: lo stato di conservazione
- 4.9 Reticolatum Temporis: l'orologio catottrico pomeridiano
- 4.10 Studio e conversione del sistema italico e del sistema francese
- 4.11 Sperimentazioni catottriche per l'inserimento del nuovo gnomone
- 4.12 Analisi e comparazione delle linee diurne e orarie
- 4.13 La luce mattutina dell'orologio catottrico esposto a ovest
- 4.14 Analisi e studio delle curve dipinte ed osservazioni finali

APPENDICE

ELABORATI GRAFICI

- Tavola 1 Il complesso francescano di Santa Maria della Pace ad Alzano p. 125
- Tavola 2 Il chiostro e gli orologi solari di fra Domenico p. 126
- Tavola 3 Non errat superno lumine ductu p. 127
- Tavola 4 Guarda che'l sol che nasce, corre e girra, giammai tramonti fu tua colpa ed ira p. 128
- Tavola 5 Vedi l'ombra in passar quanto sia breve, da l'ombra impara che morir si deve p. 129
- Tavola 6 Locum vergens ad occidentem p. 130
- Tavola 7 La rossa ad altri l'ore a l'italiano p. 131
- Tavola 8 Fecit solem in potestate diei p. 132
- Tavola 9 Quando il bel sol sponta: l'azzurra p. 133

Bibliografia p. 135

Premessa

Uniche e preziose opere di natura composita, gli orologi solari si identificano come manufatti nella cui realizzazione convergono diverse discipline, dalla scienza all'arte, offrendo a chi li osserva differenti livelli di lettura, dall'informazione pratica della misura del tempo all'approfondimento razionale delle metodologie geometriche, oltre all'apprezzamento del loro indiscutibile valore estetico fino a giungere ad una riflessione filosofica. E' infatti nell'arte della Gnomonica che concorrono competenze pratiche e teoriche necessarie a coordinare operazioni assai diverse. Essa si pone come scienza interdisciplinare che lega tra loro la geometria, la trigonometria e l'astronomia. Le sue radici affondano in un passato ancestrale, dove gli stessi quadranti solari, anche se non specificamente costruiti, furono estrapolati da qualche naturale configurazione dei monti o da qualche pendice.

Dopo una prima fase durata millenni in cui l'uomo ha osservato passivamente il ritmo rigoroso della luce solare, esso stesso è giunto ad una osservazione più attenta dei fenomeni luminosi e umbratili, al fine di organizzare le proprie attività in armonia con la ciclicità degli eventi astronomici diurni e stagionali.

La Gnomonica si trasforma in vera e propria arte con la semplice operazione di infliggere un bastone nel suolo, per la produzione consapevole di un'ombra e la valutazione attiva del suo costante mutamento. Successivamente, le antiche civiltà egizie e impostarono l'orientamento dei grandi edifici tra cui piramidi, templi secondo precisi allineamenti astronomici, per poter misurare il tempo o segnare gli eventi annuali tramite le ombre.

Il Medioevo sarà un periodo poco fecondo per questa disciplina che rimarrà viva solamente nei monasteri benedettini, in cui la scansione ritmica della giornata costituisce una componente fondamentale per attuare la famosa Regola di San Benedetto; permarrà invece, nella cultura araba, il patrimonio gnomonico classico, arricchendosi di originali sperimentazioni matematiche.

Sarà lo studioso tedesco Athanasius Kircher che, nella metà del '600, definirà questo nobile disciplina "ars magna lucis et umbrae", identificandola come la nobile arte della luce e dell'ombra praticata in modo universale in tutte le forme di civiltà. Con Kircher la Gnomonica si apre a sperimentazioni nuove che la svincolano da applicazioni su oggetti portatili ma e le conferiscono una magnificenza che le darà ampio respiro e campi di applicazione diversi arredando le pareti di edifici importanti della fiorente nobiltà romana.

Tale periodo fecondo risulta caratterizzato da una florida produzione trattatistica e dalla consapevolezza che la gnomonica sia una disciplina sapiente, alla pari della matematica e dell'astronomia. Classificandosi in epoca illuminista come scienza necessaria per l'organizzazione razionale delle attività della società, scaturì dallo spirito di catalogazione, particolarmente sentito in tale epoca, la produzione di un trattato risalente al 1760.

Tale opera, pubblicata a Parigi, e scritta da dom François Bedos de Celles è intitolata "La gnomonique pratique", che gradatamente si diffuse tanto da divenire un vero e proprio riferimento per gli gnomonisti fino alle soglie del '900.

A seguito di numerosi secoli di illuminata applicazione, la Gnomonica attraversa nel XIX secolo periodi di oscura impopolarità a causa delle invenzioni in campo della meccanica e della fisica le relegano un posto secondario tra le discipline scientifiche.

Solo a partire dagli anni 80 del 1900, dopo un periodo di apparente declino è stato possibile verificare un progressivo e generale interesse verso l'arte della Gnomonica attraverso numerose associazioni che contribuiscono alla sensibilizzazione, catalogazione e divulgazione del patrimonio gnomonico.

Il termine Gnomonica deriva dal latino gnōmonica (ars) a sua volta dal greco γνωμονική (τέχνη), gnomōnikḗ tékhnē, *l'arte di costruire orologi solari*, quindi *gnomon* (gnomone), che è l'asta che genera l'ombra.

Il termine *gnomon* gode infatti di una duplice accezione in rapporto alla conoscenza: identifica *ciò che da conoscenza*, quindi *ciò che indica*, ma anche *colui che possiede conoscenza*, che sa valutare ed è quindi *giudice*. Lo gnomo-

ne si configura come indice per esprimere la valenza scientifico-strumentale degli orologi solari, ma anche come possessore della conoscenza e quest'ultimo concerne l'aspetto simbolico dei quadranti solari. Nella loro funzione simbolica infatti celebrano silenziosamente l'incontro tra la luce e l'ombra, il cielo e la terra, lo spazio ed il tempo, configurandosi come realtà fisiche tra concetti primordiali opposti. E' nel quadrante che i due contrapposti trovano un loro punto di contatto naturale, è qui che si ricongiungono il mondo e la coscienza, la materia e lo spirito, generando in noi una compiacenza per la partecipazione a questo rito riconciliante. Guardando un orologio solare ci si riconnette metaforicamente al cielo e ai grandi fenomeni che regolano il cosmo. Spesso proprio per la loro grandezza, tali fenomeni, tendono a sfuggire alla coscienza ordinaria dell'uomo che solitamente rimane costretta ad osservare fenomeni di piccola entità, tralasciando l'esistenza dei grandi ritmi del cielo, la geometria concreta del cosmo e le originali simmetrie della realtà.

Gli orologi solari si configurano come "porte del cielo" e lo gnomone il suo punto cardinale. L'ombra tende a concretizzarsi da un punto di vista simbolico quale parte effimera del mondo fisico mentre il Sole, che con la sua luminosità eterna, simboleggia lo spirito e lo gnomone l'intelligenza dell'uomo, che consente di cogliere tramite il movimento dell'ombra le proprietà della luce. Tale concezione simbolica ha caratterizzato lo spirito di molte civiltà concretizzandosi con la realizzazione di monumenti allineati astronomicamente che fungono da veri e propri gnomoni, dal Tempio dedicato a Salomone alle magnifiche piramidi dell'antichità egizia. In questi periodi il sapere non era frazionato come al giorno d'oggi, ma astronomia, magia, matematica, religione confluivano in un'unica Conoscenza. Da circa un ventennio il rinnovato interesse per questi unici misuratori del tempo non è solo da ricercarsi in ragioni di ordine conservatore o estetico, o urgenza di una fruizione cronometrica dei quadranti in qualità di orologi, ma la loro riscoperta è da ricercarsi per lo più nella loro essenza simbolica di custodi del senso più vero della misura e dello scorrere del tempo.

Esistono software che permettono il calcolo dei quadranti solari come ad esempio Orologi Solari, in cui una volta inserite le coordinate geografiche della parete e la sua declinazione è possibile ottenere un grafico da cui si estrapolerà il quadrante dell'orologio.

Il grafico può essere esportato in un file PDF per essere stampato in scala 1:1, o in un file DXF per essere successivamente elaborato da un programma CAD. E' anche possibile esportare il grafico in un file raster (jpg, tiff, gif, bmp...) per meglio documentare il progetto. Inoltre il programma

può simulare la posizione dell'ombra dello stilo per qualunque ora e data nell'anno. Balconi, tetti ed edifici adiacenti possono essere inclusi nella simulazione. Molto spesso però l'utilizzo di questi software riduce quella consapevolezza e conoscenza profonda che si nasconde dietro metodi geometrici permettono di studiare in modo più dettagliato le diverse tipologie.

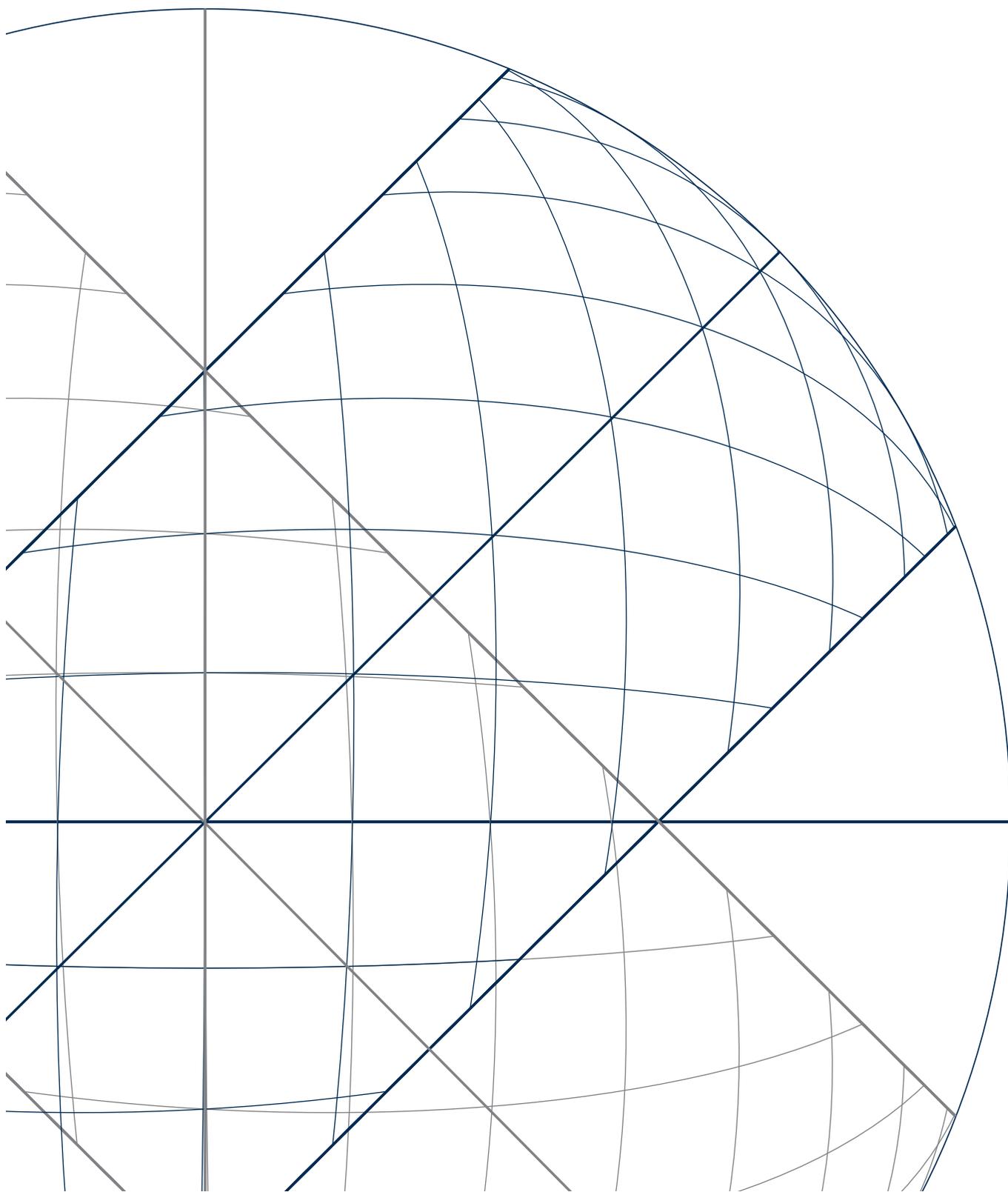
Nonostante sono molte le tecniche e gli strumenti di disegno dei quadranti solari, pochi sono gli interventi di restauro sugli orologi che li hanno rimesso in funzione.

La mia ricerca è si orienta sullo studio ed analisi degli orologi solari per poi chiarire il loro funzionamento, e la loro lettura per favorirne la loro divulgazione.

Diversi interventi di restauro su orologi solari rimessi in funzione hanno guidato il mio lavoro per poi focalizzare la mia ricerca sul progetto di un nuovo orologio solare piano per la Chiesa di Santa Maria della Neve a Ponticelli recentemente restaurata e l'ipotesi di restauro di un antico ed originale orologio catottrico rinvenuto nel chiostro di Santa Maria della Pace ad Alzano Lombardo (Bergamo).

PARTE PRIMA

IL TEMPO NELLA SUA TRIPLICE CONCEZIONE FILOSOFICA



Il Tempo come Casualità, Coscienza, Possibilità

1.1 Il Tempo come Casualità.

Nel corso dei secoli i criteri di misurare il trascorrere delle ore durante il giorno chiaro (i cosiddetti “sistemi orari”) hanno subito molteplici cambiamenti, strettamente correlati alle continue diverse esigenze della vita quotidiana. Di conseguenza anche gli strumenti solari inventati e continuamente perfezionati dall'uomo hanno seguito le stesse vicende.

Al Tempo l'uomo ha associato diversi significati cosmologico, gnoseologico ed etico religioso. Questa triplice concezione del Tempo fa in modo che esso sia considerato come origine del mondo ed elemento costitutivo di esso ; come forma del pensiero e della mente, dei ricordi e delle aspettative in cui esiste solo il presente mentre il passato ed il futuro sono costruzioni del soggetto.

Suddividendo alcune delle più importanti concezioni filosofiche del Tempo in tre grandi filoni otteniamo tre categorie che considerano il Tempo come casualità, percezione, possibilità.

Fin dall'antichità il Tempo diviene per l'uomo elemento misurabile necessario per governare gli eventi in successione e coordinarli tra di loro . Lo stesso Aristotele intende il Tempo¹ come l'ordine misurabile del movimento²: tale concezione ritiene il Tempo un numero (il tempo è il numero del movimento secondo il prima e il dopo) infinito almeno potenzialmente - questo vuol dire che si può aggiungere un unità a quella già conteggiata, a differenza del concetto di Spazio che è finito in estensione , ma continuo e quindi divisibile all'infinito³.

Per Aristotele il Tempo è un aspetto della realtà naturale strettamente connesso alla realtà fisica dello Spazio. Ciò che media tra Spazio e Tempo è il movimento che, attraverso l'istante, consente di trasferire la nozione di "limite" dal primo al secondo. Ma vi è una differenza fondamentale tra Spazio e Tempo: mentre lo Spazio è effettivamente il limite di un corpo, al contrario l'istante, come limite di una durata temporale, è solo un "accidente" del tempo, il quale, in senso proprio, è il "numero" del movimento. Ora, il numero non è il limite che fa da sua "misura", ma rappresenta una continuità; e tale è anche il tempo, la cui continuità numerica può, per definizione, prescindere dai particolari corpi fisici a cui si applica. Di conseguenza, mentre lo spazio è il luogo, cioè la qualità posizionale degli oggetti materiali nel mondo, il tempo è l'ordine misurabile del movimento di questi oggetti: come ordine è numero, ma come misurazione effettiva all'interno di un determinato sistema è la rappresentazione di un numero, cioè un numerale che si esprime attraverso il carattere "discreto" dell'istante. Tuttavia, quando abbiamo determinato il movimento mediante la distinzione del prima e del poi, conosciamo anche il tempo, e allora noi diciamo che il tempo compie il suo percorso, quando abbiamo percezione del prima e del poi nel movimento. E operiamo la distinzione perché sappiamo che questi due termini sono differenti tra loro e che c'è anche in mezzo qualcosa di diverso da loro. Quando, infatti, noi pensiamo [...] che gli istanti sono due, il prima, cioè, e il poi, allora noi diciamo che c'è tra questi due istanti un tempo, giacché il tempo sembra essere ciò che è determinato dall'istante: e questo rimanga come fondamento. Pertanto, quando noi percepiamo l'istante come unità e non già come un prima e un poi nel movimento e neppure come quell'identità che sia la fine del prima e il principio del poi, allora non ci sembra che alcun tempo abbia compiuto il suo corso, in quanto che non vi è neppure movimento. Quando, invece, percepiamo il prima e il poi, allora diciamo che il tempo c'è. Questo, in realtà, è il tempo: il numero del movimento secondo il prima e il poi.

Tale concezione del Tempo come casualità viene rafforzata dalle concezioni filosofiche moderne⁴, infatti sia per Schopenhauer come per Kant⁵ lo spazio⁶, il tempo e la causalità sono pure, o forme a priori. Spazio e tempo sono i principi di individuazione della materia, la causalità invece, vista da Schopenhauer, è l'essenza della materia, è essenzialmente attività (tant'è che in tedesco *wirklichkeit* che significa "realtà" ha la stessa radice di *wirken* che vuol dire "agire"). Siccome la materia non è altro che l'agire nello spazio e nel tempo di oggetti su altri oggetti, la materia verrà a coincidere con la causalità.

1.2 Il Tempo come Coscienza.

Sant'Agostino nel XI libro delle Confessioni affronta il problema della misurazione del tempo trasponendolo a quello dell'anima⁷. Il tempo percepito dagli uomini è un eterno presente, ovvero se si può affermare che il presente esiste indubbiamente, non così per il passato e per il futuro, i quali non sono altro che proiezioni dell'animo umano. L'uomo infatti vive il passato come ricordo e il futuro come anticipazione. Di conseguenza le tre dimensioni temporali dell'uomo sono il presente del passato, il presente del presente e il presente del futuro (memoria, intuito e anticipazione). Dio, essendo eterno, abita il suo eterno presente e non è soggetto ad alcuna temporalità, in quanto si trova al di là della temporalità da Egli stesso creata.

In accordo con la Bibbia, Sant'Agostino formula una concezione lineare del tempo: il tempo ha avuto inizio con Dio e terminerà con il giudizio universale, gli eventi scorrono in avanti sempre nella medesima direzione e senza possibilità di ritorno al passato. Tutto ciò che accade dall'inizio del tempo fino alla sua fine è unico e irripetibile.

Tale concezione del tempo quale intuizione del divenire, si lega alle moderne concezioni di Bergson.

La sua concezione originale, che influenzerà tutti i campi della cultura, ritiene che il tempo sia distinto in il *tempo della scienza* ed il *tempo della vita*⁸. Infatti il tempo spazializzato della fisica trova la sua immagine in una collana di perle (i vari momenti della fisica), tutte eguali e distinte fra di loro, differenti solo quantitativamente, mentre l'immagine del tempo della durata (o della vita) è il gomito di filo (o la valanga), che continuamente muta e cresce su se medesimo, con momenti diversi anche qualitativamente (tant'è vero che nel linguaggio comune si dice ad esempio che cinque minuti possono sembrare, talora, «una eternità»)⁹. Inoltre il tempo della fisica e dell'osservazione scientifica è invertibile, poiché un esperimento può essere ripetuto ed osservato un numero indefinito di volte, mentre il tempo della psiche è fatto di momenti irripetibili. Infatti il tempo della coscienza (*durée réelle, temps concret*) è costituito da momenti “che non sono esterni gli uni agli altri” ma che si fondono l'uno con l'altro in un processo continuo di crescita, alla maniera di una valanga¹⁰. Ciascun momento, infatti, unendosi alla durata fino ad ora già trascorsa, dà origine a qualcosa che prima non esisteva ed è eterogeneo rispetto al passato. Nella durata non ci possono essere due momenti uguali, se non altro perché ciascuno di essi si fonde alla durata già trascorsa, che, a causa del trascorrere

stesso del tempo, è differente per ciascun momento. La durata interna alla coscienza è, dunque, costituita da momenti che sono l'uno all'altro eterogenei, ma non sono reciprocamente separati.

Questa conservazione totale è nello stesso tempo una creazione totale, giacché in essa ogni momento, pur essendo il risultato di tutti i momenti precedenti, è assolutamente nuovo rispetto ad essi. «Per un essere cosciente, - dice Bergson, - esistere significa mutare, mutare significa maturarsi, maturarsi significa creare indefinitamente se stesso»¹¹.

La durata è l'incessante progredire del passato che intacca l'avvenire e che, progredendo, si accresce¹². E poiché si accresce continuamente, il passato si conserva indefinitamente. La funzione del meccanismo cerebrale è appunto quella di ricacciare la massima parte del passato nell'incoscienza per introdurre nella coscienza solo ciò che può illuminare la situazione attuale, agevolare l'azione che si prepara, compiere un lavoro utile¹³.

1.3 Il Tempo come Possibilità.

E' una terza concezione del tempo esclusivamente moderna introdotta per la prima volta da Heidegger nel suo *Essere e Tempo*¹⁴ e che permette di ridurre il tempo alla struttura della possibilità.

Questo significa togliere il privilegio che le altre due concezioni danno al presente per consegnare al futuro un nuovo primato. Il Tempo è possibilità e progettazione e l'esistenza è trascendersi e progettarsi, anch'essa è una possibilità di rapporti che l'uomo può determinare¹⁵. Il Tempo non è più un ordine necessario, ma la possibilità di più ordini. Questo toglie la rigidità delle vecchie concezioni appiattite entrambe sulla giustificazione del presente quale genesi degli eventi disposti in successione.

Il passato comincia ad essere inteso come punto di partenza e fondamento delle possibilità a venire ed il futuro come opportunità di conservazione o mutamento del passato¹⁶.

L'esistenza trae dunque senso essenzialmente dal futuro. Il futuro per Heidegger non è semplicemente uno stato che non è ancora presente¹⁷, ma è in un rapporto più complesso col presente stesso: da un lato, se quest'ultimo è il tempo in cui l'uomo decide di sé, il futuro ne è il senso ed è dunque nel presente; dall'altro, esso è negazione del presente, o, più precisamente, il presente tende a configurarsi come negazione del futuro, giacché fare i conti col proprio futuro significa in definitiva misurarsi con la propria finitezza. D'altro canto, finché è nel mondo, l'uomo vive sempre nel presente

e il presente è l'unico tempo in cui possa decidere di sé, ossia decidere come rapportarsi al proprio futuro e al proprio passato. Il futuro, dunque, è la negazione (presente) del presente quotidiano.

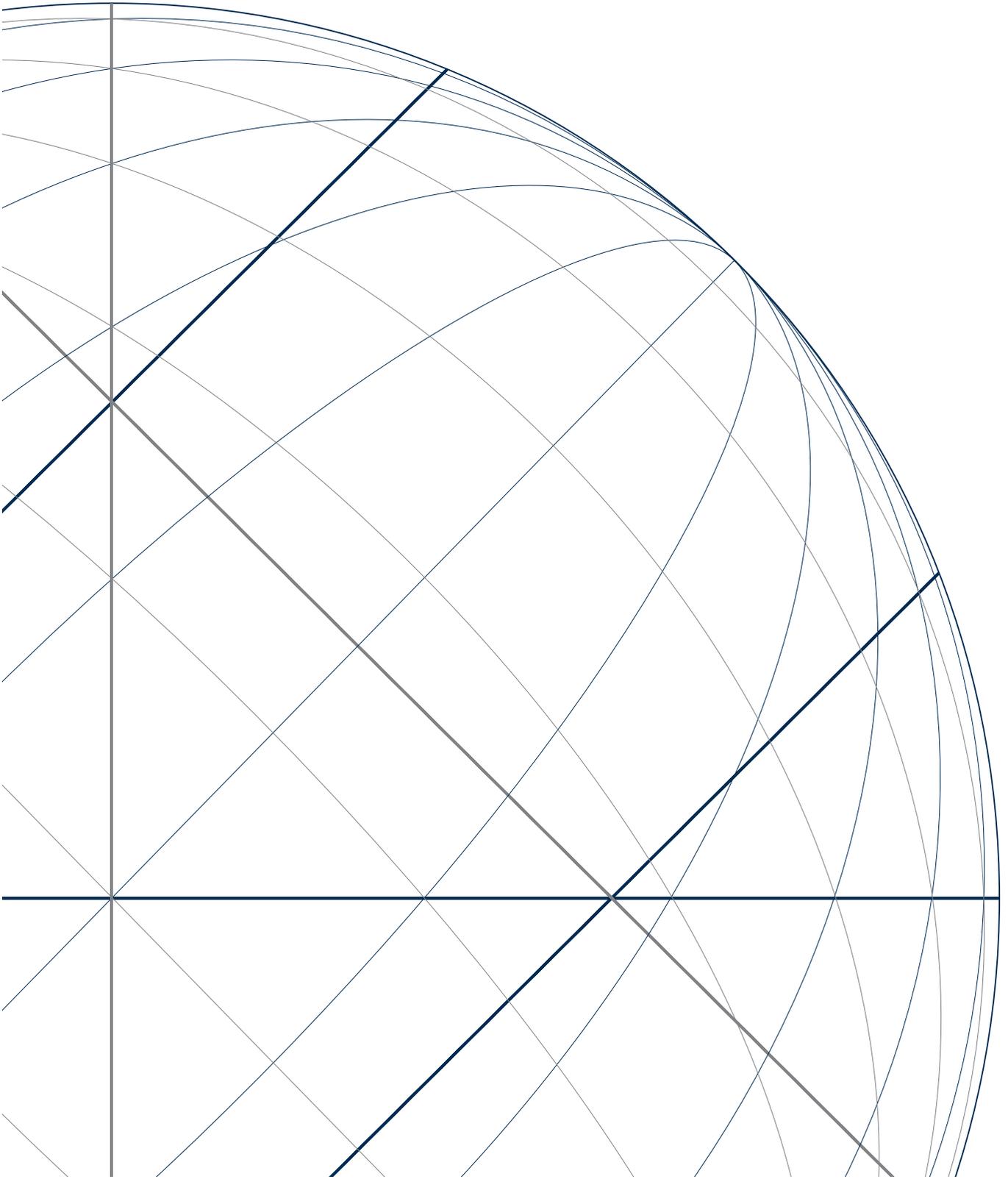
In sintesi: il futuro è negazione del presente in quanto il presente, attraverso il passato, è negazione del futuro¹⁸. Il presente è il tempo della decisione, condizionata dal passato, sulle possibilità future; il passato è stato il presente di un Esserci che in esso, con tutti i suoi condizionamenti, si è rapportato al futuro; il futuro si cristallizzerà in un passato che determinerà l'orizzonte di un presente¹⁹.

Note

- ¹ G. Reale, *Il concetto di filosofia prima e l'unità della metafisica di Aristotele*, Vita e Pensiero, Adelphi Edizioni, Milano 1994.
- ² G. Barletta, *Le forme e il tempo: ricerche in filosofia*, Edizioni Dedalo, Bari, 1987.
- ³ M. Hack, P. Battaglia e R. Buccheri, *L'idea del tempo*, Utet Libreria, Torino, 2005.
- ⁴ G. Marini, *La filosofia cosmopolitica di Kant*, Laterza, Roma-Bari, 2007.
- ⁵ F. Soave, *La Filosofia di Kant*, Modena, 1803.
- ⁶ J. De Vleeschauwer Herman, *L'evoluzione del pensiero di Kant*, Laterza, Bari, 1976.
- ⁷ G. Santi, *Agostino d'Ippona filosofo*, Lateran university press, Roma, 2003.
- ⁸ G. Deleuze, *Il bergsonismo*, Feltrinelli, Milano, 1983.
- ⁹ C. Migliaccio, *Invito al pensiero di Henri Bergson*, Mursia, Milano 1994.
- ¹⁰ A. Pessina, *Introduzione a Bergson*, Laterza, Bari-Roma 1994.
- ¹¹ V. Mathieu, *Bergson. Il profondo e la sua espressione*, Torino, Ed. di filosofia 1954; Guida, Napoli 1971.
- ¹² G. Fasolo, *Tempo e durata. Il luogo del presente in Aristotele e Bergson*, Albo versorio, Milano 2005.
- ¹³ G. Strummiello (a cura di), *Dio, la vita, il nulla: L'evoluzione creatrice di Henri Bergson a cento anni dalla pubblicazione - atti del Colloquio internazionale*, Bari, 4 maggio 2007.
- ¹⁴ E. Severino, *Heidegger e la metafisica*, Adelphi, Milano 1994.
- ¹⁵ C. Bonola., *Verità e interpretazione nello Heidegger di "Essere e tempo"*, Filosofia, Torino 1963.
- ¹⁶ G. Vattimo, *Introduzione a Heidegger*, Laterza, Roma-Bari 1981.
- ¹⁷ G. Esposito, *Il fenomeno dell'essere. Fenomenologia e ontologia in Heidegger*, Dedalo, Bari 1984.
- ¹⁸ M. Heidegger. *Ontologia, Fenomenologia, Verità*, a cura di S. Poggi e P. Tomasello, Led, Milano, 1995.
- ¹⁹ V. Perego, *Finitezza e libertà. Heidegger interprete di Kant*, Vita e Pensiero, Milano 2001.

PARTE SECONDA

**IL PROBLEMA DELLA MISURAZIONE DEL TEMPO
TRA GNOMONICA E GEOMETRIA**



La Gnomonica nei trattati di Geometria Descrittiva

2.1 Origini e testimonianze lapidee sulla misurazione del Tempo.

In origine, la necessità di misurare il trascorrere delle ore era poco avvertita durante il giorno-chiaro ed era semplicemente limitata alla corretta individuazione del momento di massima intensità di luce, ovvero il mezzogiorno, immaginaria linea di confine fra mattino e pomeriggio che consentiva di programmare dalle attività lavorative per il riposo notturno. Nella notte non vi era alcuna necessità di contare le ore; si aspettava semplicemente l'alba. L'attenzione era più rivolta a determinare il ciclico ritorno delle stagioni, appuntamenti molto importanti per le attività di caccia e agricoltura. A tale scopo servivano i cosiddetti *menhir* enormi stele di pietra singoli o in fila (quelli della Bretagna risalgono a circa 5000 anni fa), i complessi megalitici i *cromlech* (fig. 2.1) (celebri quelli di Stonehenge) e gli obelischi egiziani, per mezzo dei quali era possibile compilare una sorta di calendario lunisolare. I primi elementari segnatempo solari si perdono nella notte dei tempi. L'osservazione della variazione dell'ombra di un semplice bastone conficcato verticalmente nel terreno, con funzione di gnomone, permetteva durante le ore di Sole di capire a che punto era il trascorrere della giornata: al mattino l'ombra si presenta molto allungata per ridursi gradualmente fino a raggiungere la minima lunghezza a mezzodì, e riprendere il graduale allungamento fino al tramonto. Numerosi furono i metodi escogitati, noto è il "Merket" egiziano semplice strumento portatile a forma di T o L realizzato in legno, pietra e avorio risalente al 1500 – 1400 a.C. ¹

2.1 - Il complesso megalitico di Stonehenge in Gran Bretagna, 2010.





2.2 - 2.3 - La Sundial Stone ed il complesso archeologico di Newgrange in Inghilterra, 2011.

Testimonianze concrete dell'esistenza e dell'uso di orologi solari portatili e fissi (quindi di una scienza gnomonica già in un certo modo evoluta) si hanno dai reperti che gli archeologi hanno riportato alla luce fino ad oggi. In particolare si ricorda la *Sundial Stone* (fig. 2.2), che sembra essere un vero e proprio orologio solare orizzontale, ma solo con linee orarie, dotata probabilmente di uno gnomone verticale infisso nel punto d'origine delle linee, ritrovata nel complesso archeologico di Newgrange (Inghilterra) (fig.2.3) e risalente al V millennio a.C., che sembra essere un vero e proprio orologio solare orizzontale, formato dalle con linee orarie, dotata probabilmente di uno gnomone verticale infisso nel punto d'origine delle linee. Gli orologi egizi, invece, rappresentano già uno stadio molto avanzato della gnomonica tecnica e quindi anche la metà del II millennio a.C. può, e deve essere considerato come un periodo fecondo della gnomonica.

Più vicino a noi, ma con la stessa carenza di notizie e reperti archeologici, è il periodo di Anassimandro che viene oggi generalmente accettato come l'inizio della gnomonica.

La suddivisione dell'arco di tempo costituito da un periodo di luce e uno di buio consecutivi in 24 parti o ore, definito "giorno", risale all'VIII secolo a.C. e viene attribuita agli antichi popoli del bacino della Mesopotamia: Caldei, Assiri e Babilonesi.

Questi popoli erano dei grandi osservatori dei fenomeni celesti e acquisirono notevoli conoscenze che permisero loro di gettare i fondamenti su cui si basano tutte le conoscenze più moderne. Stabilirono la lunghezza approssimata dell'anno solare di 360 giorni, la fascia zodiacale intervallata di 30° fra ciascuna costellazione corrispondente a circa un mese di 30 giorni, la suddivisione sessagesimale dell'ora, la suddivisione in 360° dell'angolo giro che conduce al frazionamento del cerchio in sei parti di 60° per la costruzione geometrica dell'esagono e del triangolo equilatero. La suddivisione del giorno in dodici ore di luce e altrettante di buio porta alla conseguenza che per le regioni terrestri di media latitudine l'ora ha lunghezza variabile nei vari periodi dell'anno.

Questo è il sistema delle ore *inaequales* o *temporarie* che sarà usato da tutti popoli civilizzati – Babilonesi, Egiziani, Greci e Romani - fino a tutto il primo millennio. Al diminuire della latitudine con l'avvicinarsi alla fascia equatoriale, la differenza di lunghezza dell'ora si attenua fino a uniformarsi sulla linea equatoriale.

2.2 Strumenti di misura nel mondo egiziano e nelle prime testimonianze greco-romane.

I culti solari dell'antico Egitto celebrarono la gloria del dio Amon- Ra con un repertorio vastissimo di opere gnomoniche. Tale divinità egizia nacque dalla fusione del dio Ra di Eliopoli con la principale divinità tebana, Amon². Spesso è raffigurato da un occhio con un sopracciglio al di sotto del quale è disegnata una spirale, che scivola da destra a sinistra verso il basso rimando al residuo del piumaggio del falco, animale del quale Horus prende le sembianze.

Nel tempio di Ramses II nel sito archeologico di Abu-Simbel (fig. 2.4)³ nell'Egitto meridionale, sulla riva occidentale del Lago Nasser del XIII secolo a.C., un corridoio orientato collegava l'ingresso, ai piedi di quattro colossi scolpiti nella roccia, con la stanza centrale; due giorni all'anno (il 20 ottobre ed il 20 febbraio) il sole nascente penetrava le viscere della montagna per illuminare la statua del faraone, a celebrarne i fasti e la divinizzazione (fig. 2.5). Agli stessi antichi Egizi dobbiamo il primo orologio solare vero e proprio, il sopracitato *merkhet*, che risale al XV secolo a.C. che permetteva di determinare l'altezza del sole sull'orizzonte. Fu talmente diffuso che la scrittura geroglifica utilizzava la sua figura per esprimere simbolicamente il significato di "ora".

Greci ereditarono, tramite la civiltà cretese e micenea, il patrimonio culturale dell'Egitto e della Mesopotamia ed in particolare il loro bagaglio gnomonico, astronomico e geometrico, che seppero eccellentemente sfruttare e sviluppare.

Nella gnomonica greca, invece, il vero periodo in cui gli orologi solari ebbero una grande diffusione e in cui grandi nomi di filosofi si dedicarono allo studio tecnico di questa disciplina, è da considerarsi solo a partire dal IV o III secolo a.C. Sappiamo che Democrito scrisse un trattato sugli orologi solari che purtroppo è andato perduto, mentre Apollonio di Perge (Perge, 262 a.C. – Murtina, 190 a.C.), matematico ed astronomo greco fu uno dei primi a compiere studi matematici che ebbero grande influsso sulla gnomonica.

Nell'antico mondo pagano greco-romano le ore temporarie vengono chiamate ore planetarie perché ciascuna ora è governata da un pianeta con cadenza ciclica settimanale. Anche i Romani seppero apprezzare le doti di questo straordinario segnatempo solare, tanto che fu riprodotto in innumerevoli esemplari e in diverse versioni, sebbene con varie modifiche. La popolarità di questo strumento è testimoniata, oggi, nei continui ritro-



2.4 - 2.5 - L'ingresso del tempio di Ramses II nel sito archeologico di Abu-Simbel in Egitto ed un suggestivo momento in cui i raggi del Sole entra nella tomba.

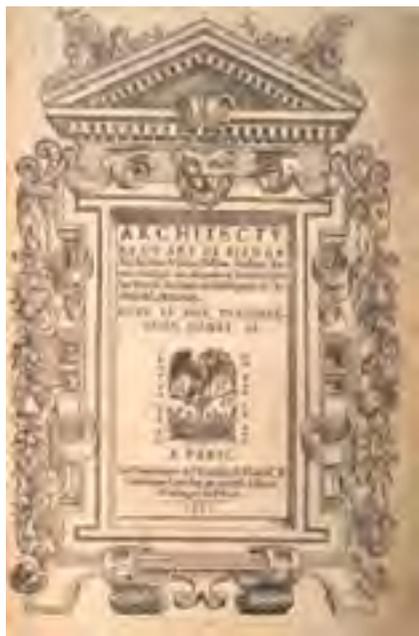
vamenti di esemplari risalenti all'epoca greca, alcuni dei quali trafugati dai Romani e trasportati in Italia, e di epoca Romana, come quelli pompeiani, di Aquileia.

L'emisfero e l'emicciclo, sono gli unici orologi solari che testimoniano l'uso delle ore quali dodicesima parte del giorno. Prima che questi orologi divenissero popolari, era correntemente in uso nella Grecia un metodo di misura del tempo detto *Decempedalis*, o *Stoicheion*.⁴

Tale metodo è menzionato in diversi autori dell'epoca. Aristofane adoperava il termine "Stoicheion" per indicare uno strumento per la misura del tempo basato sulla misura dell'ombra proiettata dal proprio corpo quando si è all'impiedi. La misura veniva effettuata nell'unità detta "piede" e, in genere, venivano menzionati i momenti principali della giornata, come per esempio quello della cena, che doveva tenersi quando "l'ombra dello Stoicheion era di dieci piedi", secondo alcuni, e di dodici piedi, secondo altri. Così si esprimono autori come Aristofane, Menandro, Ebulio, Polluce, ecc. Tale metodo, essendo molto semplice ed immediato nell'applicazione come è facilmente intuibile, fu comunque adottato anche dai Romani e rimase in uso fino al Rinascimento. La costruzione del primo quadrante solare greco viene attribuita ad Anassimandro di Mileto (610-546 a.C.), ma molti altri filosofi-scienziati come Anassagora (499-428 a.C.), Metone (V secolo a.C.), Democrito (460-360 a.C.), si occuparono in seguito della esplorazione dei principi matematici della Gnomonica e della loro applicazione. Purtroppo non permangono trattati originali, anche se tale culmine culturale viene ampiamente testimoniato dalla quantità di geniali strumenti rinvenuti in tutte le regioni di influenza ellenica.

Nel III secolo a.C., con le guerre puniche, giunsero anche a Roma i primi quadranti, preda di guerra dalla Magna Grecia e da Cartagine, in perfetta sincronia con l'innesto della civiltà greca in quella latina.

2.6 - Frontespizio del *Architecture out art de bien bastir*. De Marc Vitruvius Pollion...tradotto da Jan Martin nel 1572.



2.3 Il *De architectura* di Vitruvio, primo trattato di Gnomonica.

Il interamente dedicato alla Gnomonica antica venne affrontato da Vitruvio Pollione (I secolo a.C.) nel trattato *De architettura* (fig. 2.6), in cui sono descritti gli strumenti allora conosciuti: l'*arachnen* di Eudosso di Cnido (Cnido, 408 a.C. – 355 a.C. matematico ed astronomo), simile ad un orologio orizzontale completo delle linee orarie e delle linee diurne mensili il cui tracciato rievoca la tela di un ragno; lo *Scaphen* o *Hemisphaerium* di

Aristarco di Samo (Samo, 310 a.C. circa – 230 a.C. circa, astronomo) una semisfera cava ottenuta da un blocco di pietra nella cui concavità sono rappresentate le curve orarie e lo gnomone è posto sul bordo della semisfera. In effetti l'opera vitruviana costituisce la più antica ed importante documentazione sulla Gnomonica di quell'epoca: antica in quanto non ci sono pervenuti altri documenti di gnomonica di periodo anteriore, importante in quanto è l'unico in cui si tratta specificamente di gnomonica per un intero libro, il IX, relativamente alle diverse categorie di orologi solari e loro inventori. L'opera di Vitruvio è per gli gnomonisti moderni un vero e proprio inventario, punto di partenza per qualsiasi studio sulla gnomonica antica, un catalogo-gnomonico senza il quale avremmo appreso ben poco, oggi, sugli orologi solari di duemila anni fa (fig 2.7).

Purtroppo l'opera di Vitruvio non ci è giunta nella sua versione originale, ma solo attraverso il prezioso lavoro dei traduttori e copisti amanuensi dell'Alto Medioevo i quali, nella loro pur immensa opera di copiatura, non sono stati esenti dal restituirci codici soggetti ad errori di trascrizione, di interpretazione, ecc.

Tenendo conto delle varie e discordanti interpretazioni degli autori moderni di gnomonica, si possono così sintetizzare, nelle linee essenziali, le teorie sulla forma e sull'uso degli orologi solari citati da Vitruvio nel Libro IX del *De architettura*.

Innanzitutto ecco una semplice traduzione letterale della breve storia degli orologi solari che ci fornisce l'autore:

“Il semicerchio cavato in un quadro, e fatto inclinato si vuole, che l'abbia trovato Beroso Caldeo. La scafa, o sia l'emisferio, Aristarco Samio: e questo istesso il disco in piano. L'aracne Eudosso l'astrologo, benchè alcuni l'attribuiscano ad Apollonio. Il plintio, o sia il lacunare, come è quello del Cerchio Flaminio, Scopas Siracusano. Parmenione il detto pros ta istorumena. Teodosio, ed Andrea il detto pros pan clima. Patrocle il pelecino. Dionisidoro il cono. Apollonio la faretra, e molte altre specie, le quali sono state inventate tanto da' soprammentovati, quanto da altri, come sarebbe il Gonarca, l'engonato, e l'antiboreo: molti ancora hanno lasciato scritto il modo di fare fra le altre specie la pensile da viaggio; e dai libri di costoro può chi vuole applicarle a dati luoghi, purchè sappia formare l'analemma”.

E' questa la traduzione di Berardo Galiani, pubblicata nel 1790. In questa versione, come in tutte quelle rinascimentali, e fino al nostro secolo, compaiono due nomi di ignoti orologi solari quali *Gonarchen*, *Engonaton* che sembra siano stati letteralmente cancellati nelle versioni moderne più moderne del trattato ed è possibile dunque ipotizzare che i due termini sono stati considerati retaggio di errori di trascrizione dei copisti medieva-

2.7 - L'immagine di un orologio portatile tratta da *Architecture ou art de bien bastir. De Marc Vitruvie Pol-lion...* tradotto da Jan Martin nel 1572.



li, a causa delle scarse informazioni che si possedevano su quel particolare tipo di strumenti, come d'altra parte nulla si sapeva sul *Pelignum*.⁵ Grazie all'opera di Vitruvio abbiamo un quadro certamente non completo, ma abbastanza chiaro, degli orologi solari comunemente usati alla sua epoca.

2.4 La prima architettura solare nella Roma augustea.

Nel 9 a.C. l'imperatore Ottaviano Augusto fa costruire in Campo Marzio, un gigantesco quadrante solare orizzontale, utilizzando come gnomone un obelisco egizio del VI secolo a.C. depredato ad Eliopoli⁶. Gli allagamenti, i terremoti e l'incuria si alternarono nei secoli ai restauri ed ai recuperi, fino alla completa edificazione dell'area demarcata. Alla fine del 1700 papa Pio VI fece spostare definitivamente l'obelisco in piazza Montecitorio, dove è situato tuttora, di fronte alla Camera dei Deputati.

L'uso dei quadranti solari si diffuse progressivamente in tutti i domini dell'impero romano, fino al tempo della sua caduta (fig. 2.8).



2.8 - La piazza romana di Montecitorio e l'obelisco, di fronte l'edificio della Camera dei Deputati. Roma, 2012.

2.5 Ore sacre nei monasteri benedettini.

Col declino dell'impero romano, la civiltà occidentale tracolla verso i secoli bui dell'alto medioevo, e l'apparente regressione delle arti e delle scienze non esclude la Gnomonica. La sua pratica si affievolisce, per sopravvivere quasi unicamente in quelle roccaforti dello spirito e dell'intelligenza che furono le abbazie e i monasteri (fig. 2.9).

Nel mondo cristiano le ore (ed il loro conteggio) vengono definite giudaiche perché ampiamente citate nei Vangeli. In esse l'arco notturno è diviso in quattro veglie, le *vigiliae*, corrispondenti al cambio della guardia delle sentinelle nei presidi romani. Nell'Europa occidentale ci sono state tramandate numerose testimonianze di orologi solari a ore temporarie da noi più conosciute come ore canoniche. Questo termine deriva da Canone o Norma delle Preghiere che ebbe grandissima diffusione con l'instaurarsi del monachesimo medioevale⁷.

San Benedetto da Norcia (480-547 d.C.) fonda nel 529 il monastero di Montecassino, fissandone la Regola⁸ e il celebre motto "Ora et Labora"; il tempo dei monaci viene rigorosamente suddiviso in ore canoniche per la preghiera, per il lavoro e per il riposo⁸. A tale scopo perdurò l'uso di quadranti solari in funzione di semplici orologi, spesso rudimentali, ma sempre proficui nell'esprimere la devozione di chi si conforma alle leggi del cielo e alla volontà di Dio.

Ogni giorno del monaco benedettino doveva essere rigidamente programmato con alternanza di preghiere e lavoro nel monastero, anche la notte doveva essere intervallata da periodi di riposo e di preghiere. Entro lo scadere di ogni gruppo di tre ore, dovevano essere recitate le preghiere.

La misura del tempo è una necessità fondamentale nell'osservanza della Regola benedettina. Essa scandisce tutte le attività, dalla salmodia delle ore canoniche, il cui segnale di inizio spetta, secondo la Regola, all'abate o a un suo delegato diligente, alle occupazioni manuali quotidiane che vengono definite in ore diverse secondo i ritmi stagionali. Tutto deve svolgersi con precisione nelle ore stabilite. È costante l'insistenza sull'orario in cui debbono essere svolti gli atti comuni e le attività personali. La giornata del monastero inizia con le Lodi al levar del sole, non più al canto del gallo, e il sole scandisce il ritmo di tutta la giornata. È naturale quindi che nei monasteri sia sempre esistita una preoccupazione costante per la misura del tempo e che monaci si siano dedicati alla conoscenza delle leggi che regolano questa misura e che le abbiano attuate realizzando la costruzione di meridiani e orologi solari.

2.9 Il monastero benedettino di Bergamo, 1990.



Ai costruttori di orologi solari era indispensabile una vasta cultura che comprendeva anzitutto abilità di calcolo matematico e geometrico, una buona competenza in astronomia con la necessaria conoscenza dei movimenti e delle rispettive posizioni del sole e della terra e della loro variabilità, in pratica dovevano conoscere bene la sfera armillare e i suoi usi. Non potevano mancare poi cognizioni di geografia.

2.10 - 2.11 - Frontespizio e una immagine del capitolo III del *Tabulae gnomonicae* di Ippolito Salò, del 1626 (Museo Galileo- www.museogalileo.it).



2.6 Ippolito Salò' e il suo *Tabulae gnomonicae*.

Alcuni monaci scrissero anche importanti opere di gnomonica. Nella Congregazione di Monteoliveto un trattatista mantenne viva la tradizione per questi studi lungo tutto il XVII secolo. Esso fu Ippolito Salò (1626) riminese, che ideò un metodo per la costruzione degli orologi solari sui muri, detti appunto verticali, e lo descrisse nel suo trattato *Tabulae gnomonicae* (fig. 2.10) che ebbe due edizioni a Brescia nel 1617 e, con aggiunte e integrazioni a Rimini nel 1626. Le tavole sono precedute da tre brevi capitoli integrativi. Nel primo, *Tabularum delucidatio* l'autore spiega i principi teorici, le definizioni essenziali, i concetti di latitudine longitudine delle ombre e il modo di rappresentazione nei vari tipi di orologi. Nel secondo, *Tabularum usus* viene descritto il metodo di individuazione dei punti essenziali a seconda del tipo di orologio verticale o orizzontale e della sua ubicazione. Il terzo capitolo (fig. 2.11), *Tabularum fabrica* riguarda la realizzazione vera e propria degli orologi con particolare attenzione a quelli murali e con l'illustrazione analitica delle regole da osservare secondo l'orientamento del muro sul quale l'orologio è delineato. Seguono le tavole gnomoniche che occupano la maggior parte del testo e quelle della latitudine delle principali città italiane ed europee. Per secoli dunque in Europa non furono più costruiti quadranti solari di rilievo.

2.7 La scoperta occidentale dello gnomone.

Nel frattempo i veri custodi e promotori del patrimonio gnomonico classico furono gli Arabi e solo i contatti con il mondo islamico dei califfati spagnoli e le crociate restituirono finalmente all'occidente cristiano la "conoscenza dello gnomone", per di più arricchita da originali metodi matematici.

Dall'XI al XIV secolo riprende gradualmente il cammino delle arti e delle

scienze verso il Rinascimento. Gli astronomi del XV secolo si prodigarono per sviluppare e divulgare la cultura degli orologi solari, considerata all'epoca una necessità quotidiana per misurare il tempo.

I testi sulla rappresentazione sembrano testimoniare una conoscenza empirica delle teoria delle ombre, almeno fino al Cinquecento, ma la conoscenza del funzionamento della proiezione delle ombre può essere provata proprio dalle applicazioni gnomoniche dell'antichità e del medioevo. La complessità degli argomenti concernenti la gnomonica, induce molti studiosi dei secoli XVI e XVII ad interessarsene applicando le nuove acquisizioni conoscitive.

La teoria delle sezioni coniche è coniugata al metodo tolemaico in un'opera di Federico Commandino del 1562, l'apice dello stilo diventa il vertice del fascio dei raggi solari che proiettano le diverse posizioni del sole nelle linee orarie tracciate sui quadranti dell'orologio.

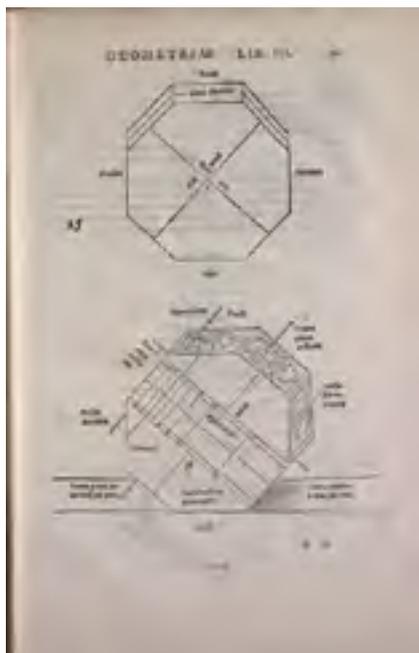
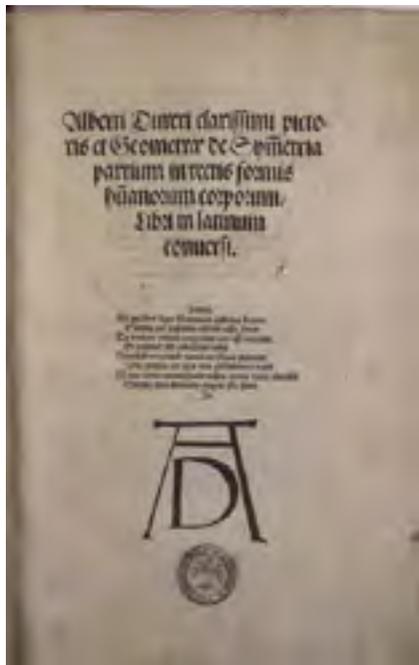
George Purbachius, Giovanni Regiomontano e poi la grande scuola dei Gesuiti che dalla metà del XVI secolo portarono la gnomonica al suo massimo splendore scientifico. E così, ancora una volta, i monaci ebbero un ruolo di primissimo piano nella cultura e sviluppo della gnomonica: Gesuiti e Olivetani in primo piano. Oltre alla necessità di misurare il tempo, ormai gli orologi solari erano diventati dei sofisticati strumenti scientifici derivati dallo sviluppo degli astrolabi e dei quadranti, la cui complessità teorico tecnica andava di pari passo con gli sviluppi delle matematiche.

2.8 La Gnomonica tra trattati, Geometria e invenzioni solari nel 500.

La rifioritura della Gnomonica nel 1500 viene man mano promossa dall'uso rinnovato degli orologi solari e delle clessidre, dall'invenzione di nuovi quadranti solari e degli orologi meccanici, dall'applicazione di nuovi sistemi orari, dallo sviluppo considerevole dei suoi fondamenti matematici ed astronomici e dalla pubblicazione di moderni trattati: "*Compositio Horologiorum*" di Sebastian Münster (Basilea, 1531), "*Protomathesis*" di Oronce Finé (Parigi, 1532).

Ma chi veramente merita lode di aver meglio di ogni altro in quei tempi intesa e trovata la teoria geometrica di quest'arte, è Guido Ubaldo del Monte, nato a Pesaro nel 1545, e conosciuto sotto il nome di Guido Ubaldi. Questo insigne matematico, lodato da personaggi come Galileo e Lagrange, nel 1600 pubblicò un'opera sulla prospettiva in sei libri, nella quale assoggettò prima a metodi geometrici i principi generali dell'arte e poi

2.12 - 2.13 - Frontespizio ed una immagine della seconda parte del libro III del *De symmetria partium in rectis formis*..., *Norimbergae Tabulae gnomonicar* di A. Durer del 1532.



trattò della prospettiva di ogni sorta di corpi dedicando anche un libro alla teoria delle ombre. Poi scriverà un trattato sui problemi di astronomia che intitolò *Problematum Astronomicorum*, di cui alcuni in stretta relazione con la gnomonica e innovativi in quel tempo. Tra le opere di prospettiva più stimate che precedettero i metodi della geometria descrittiva.

Altra pubblicazione importante per lo sviluppo anche di un apparato teorico geometrico della gnomonica si deve alla pubblicazione del *De symmetria partium in rectis formis humanorum corporum, libri in latino conuersi, Norimbergae* di Durer Albrecht del 1532 (fig. 2.12) la seconda parte del terzo libro di questo trattato sulle proporzioni dei corpi solidi come piramidi, cilindri, poliedri, ecc., riporta alcune pagine dedicate agli orologi solari con riferimento principale ad un orologio solare poliedrico (fig.2.13) molto simile quelli realizzati in quell'epoca e ripresi poi da Munster, Fineo, Kraetzer e molti altri costruttori di meridiane, ispirati probabilmente proprio dall'opera di Durer. Il testo e le immagini ci dicono che egli in poche parole spiega il principio elementare della gnomonica: la tracciatura delle perpendicolari, il triangolo stilare, l'orologio orizzontale, verticale e polare e le loro comuni sezioni sulle linee di contingenza.

Ma il primo autore, tra i più famosi, ad aver trattato di gnomonica in modo anche autorevole ed esauriente in un libro dedicato alla prospettiva è il ben noto Daniele Barbaro nel suo trattato *La Pratica della Prospettiva*, pubblicato a Venezia nel 1569 (fig. 2.14). Daniel Barbaro ha composto quasi un piccolo trattato di gnomonica in occasione del suo commentario al *nono libro dell'Architettura* di Vitruvio, e in alcuni casi si può vedere che nei libri di prospettiva e geometria la gnomonica viene descritta o per argomenti inerenti l'oggetto stesso della pubblicazione⁹, o inserendo un capitolo completo in cui si cerca di dare una descrizione generale delle regole gnomoniche e dei principali orologi solari (fig 2.14).

Nella prima, intitolata appunto *Planispherio*, inizia a parlare della sfera con questa bella introduzione letteraria:

“Bella ingegnosa, utile invenzione è stata quella de gli antichi di gettare i punti, i cerchi della sfera ne’ i piani con proporzione, rispondenza di ragione, imperocche con le dimostrazioni di quella sono stati di grandissimo giovamento a gli investigatori delle cose celesti...”¹⁰. Così egli spiega la sfera e la sua proiezione nel piano secondo la dottrina degli Antichi. Mentre nella parte nona spiega propriamente uno strumento gnomonico universale per fare orologi solari ad ogni latitudine, in ogni sorta di piano e per qualsiasi sistema orario. La gnomonica dei secoli successivi conoscerà un ampio sviluppo di questa metodologia, nel tentativo di escogitare e fabbricare strumenti sempre più completi e di

facile praticità per semplificare la costruzione degli orologi solari, soprattutto murali.

Pietro Accolti (1496-1549) fu uno dei primi autori ad applicare la matematica alla prospettiva e il suo lavoro fu raccolto in quest'opera pubblicata postuma in Firenze nel 1625. Nella sua opera *Lo inganno de gl'occhi* presenta uno strumento gnomonico ancora una volta studiato per coloro che non sono addentro ai calcoli matematici ed astronomici e che desiderano costruirsi un semplice orologio solare (fig 2.15). Lo strumento permette, con una sua peculiarità, di descrivere orologi solari verticali anche declinanti ad ore astronomiche e italiane. Infine, descrive il metodo un metodo geometrico classico per il tracciamento di un orologio orizzontale ad ore italiane. Il matematico gesuita Christoph Clavio compone nel 1581 una vera e propria summa delle conoscenze della gnomonica e nel 1582 fu il fautore del progetto di riforma del calendario voluto da Papa Gregorio XIII¹¹, disponendo l'uso degli anni bisestili e correggendo la data - a venerdì 4 ottobre di quell'anno seguì sabato 15 ottobre -; tale emendamento fu necessario per ripristinare e fissare la data dell'equinozio di primavera intorno al 21 marzo, ed in base a quest'ultimo calcolare correttamente la Pasqua (la domenica successiva al primo plenilunio di primavera) secondo il calendario lunisolare ecclesiastico, come stabilito dal Concilio di Nicea nel 325 d.C. e così, la riforma gregoriana del calendario - che è realmente un "nuovo" stile - è una testimonianza del nuovo approccio razionalistico alla categoria del tempo.

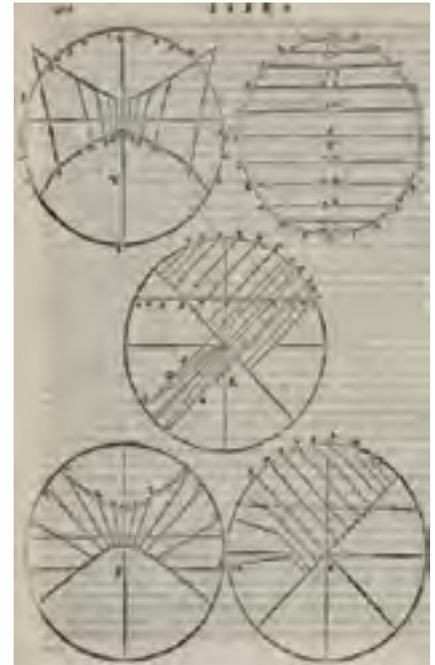
2.9 La Gnomonica rinascimentale: tempo del progresso e creazione divina.

A partire dal Rinascimento, l'uomo mira a controllare e dunque impadronirsi della misura del tempo che finisce per perdere la dimensione mistica, cessa di essere il tempo dell'attesa, per divenire il tempo del progresso.

Avendo manipolato la cronologia, santificata per secoli, del calendario giuliano e dei cicli pasquali alessandrini, i compilatori del calendario gregoriano (e dopo di loro - anche se indirettamente - quelli del calendario giuliano "riformato") prima di tutto si prodigano per consolidare l'autorità del Papa di Roma, che stava traballando dopo la riforma protestante. La riforma gregoriana, che si era permessa di "abolire" dieci giorni realmente esistenti, rifletteva quella generale condizione dell'anima e della mente in Occidente, secondo la quale il tempo iniziava a dipendere dalla volontà

2.14 - La formazione di orologi ad ore temporarie ed astronomiche tratte dal libro di Vitruvio contenute in *La Pratica della Prospettiva* di Daniel Barbaro pubblicato Venezia nel 1569.

2.15 - Il singolare orologio descritto da Pietro Accolti ne *Lo inganno de gl'occhi* pubblicata a Firenze nel 1625.



umana. In questo clima di riforma Girard Desargues formula un metodo universale per la realizzazione degli orologi solari che funzionano a qualsiasi latitudine, enunciato nel suo *"Brouillon project..."* del 1640 e ripreso in un testo da Abraham Bosse del 1643 in cui si prevede l'utilizzo della riga, del compasso, della squadra e del filo a piombo per utilizzare il cono d'ombra ai fini della determinazione della posizione dello gnomone, dimostrando così la centralità dei processi geometrici di proiezione e sezione dei raggi luminosi nella disciplina della gnomonica.

2.10 Il primo orologio catottrico nell'opera di Athanasius Kircher.

L'eredità degli studi e delle sperimentazioni precedenti vennero dal gesuita Athanasius Kircher, che si dedicò con impegno e passione alla gnomonica tanto da essere definito il patriarca¹² degli orologi solari a riflessione, testimoniato anche dal titolo che troviamo nel frontespizio della sua opera più importante sull'argomento che è *"Primitiae Gnomonicae Catoptricae"*, del 1635. Il suo orologio solare (fig 2.16), realizzato ad Avignone, è descritto specificatamente in questo testo che incomincia con una introduzione sulle leggi della riflessione di specchi piani e curvi, per poi passare nel secondo libro alla descrizione dei metodi di costruzione di un particolare orologio solare, quello catottrico su una volta a botte.

Nel XVII secolo, Francia e Italia, sono i due paesi dove sembrano essersi diffusi maggiormente i quadranti catottrici, ovvero quegli orologi solari in cui lo stilo è rimpiazzato da uno specchietto, generalmente orizzontale e disposto sul davanzale della finestra, su cui cade una piccola stella di raggi solari, che viene riflessa secondo un angolo uguale a quello di incidenza rispetto alla normale al piano dello specchio (in questo caso supposto orizzontale) e arriva sui muri o sul soffitto di un ambiente in ombra. Non soltanto dei quadranti completi sono stati così creati, ma anche delle semplici meridiane che fungono solo da calendario.

2.16 - L'orologio solare di A.Kircher, immagine tratta dal libro II del *Primitiae Gnomonicae Catoptricae* pubblicato ad Avignone nel 1635.



2.11 Newton e Wren e le loro sperimentazioni catottriche.

Isacco Newton (1642-1723), creò nel 1657 un quadrante solare catottrico sul soffitto della sua camera. All'incirca nella stessa epoca, un altro giovane studioso inglese, l'allora sedicenne Christopher Wren (1632-1723), realizzò un orologio molto simile nella propria abitazione. Creazioni di orologi

solari a riflessione sui soffitti, addirittura figurano all'attivo del giovanissimo Nicolò Copernico (1473-1543), orfano allevato da due zii il quale ce ne ha lasciato la più antica testimonianza nell'esemplare del 1520 di cui restano le tracce nel Castello di Olsztyn in Polonia (fig. 2.17). Anche se probabilmente Copernico ideò e utilizzò lo strumento per controllare rapidamente la posizione del Sole e il valore della sua longitudine eclitticale, esso si può considerare la prima meridiana a riflessione oggi conosciuta. In Italia questi orologi furono divulgati per la prima volta nel 1582 da Raffaele Mirami, che va considerato quindi come l'inventore italiano, o colui che ha pubblicato e divulgato per la prima volta in Italia - e in volgare - l'idea di sfruttare uno specchio per costruire un orologio solare in una stanza buia dove non arrivassero direttamente i raggi solari nel suo libro *'Compendiosa introduzione alla prima parte della specularia, cioè della scienza de gli specchi, opera nova, nella quale brevemente, e con facil modo si discorre intorno agli specchi e si rende la cagione, di tutti i loro miracolosi effetti.*

2.12 Maignan, Nicéron e la Gnomonica monumentale moderna.

Nel 1637 Emmanuele Maignan, padre nell'Ordine dei Minimi di San Francesco da Paola, dove fu ordinato prete, insegnò a lungo filosofia e teologia e terminò la sua carriera come provinciale d'Aquitania, giunge a Roma e realizza uno splendido orologio solare a riflessione nel Palazzo di Trinità dei Monti¹³. Il Padre Maignan fu aiutato dal suo giovane discepolo, Jean François Nicéron autore di uno meraviglioso dipinto anamorfico nel



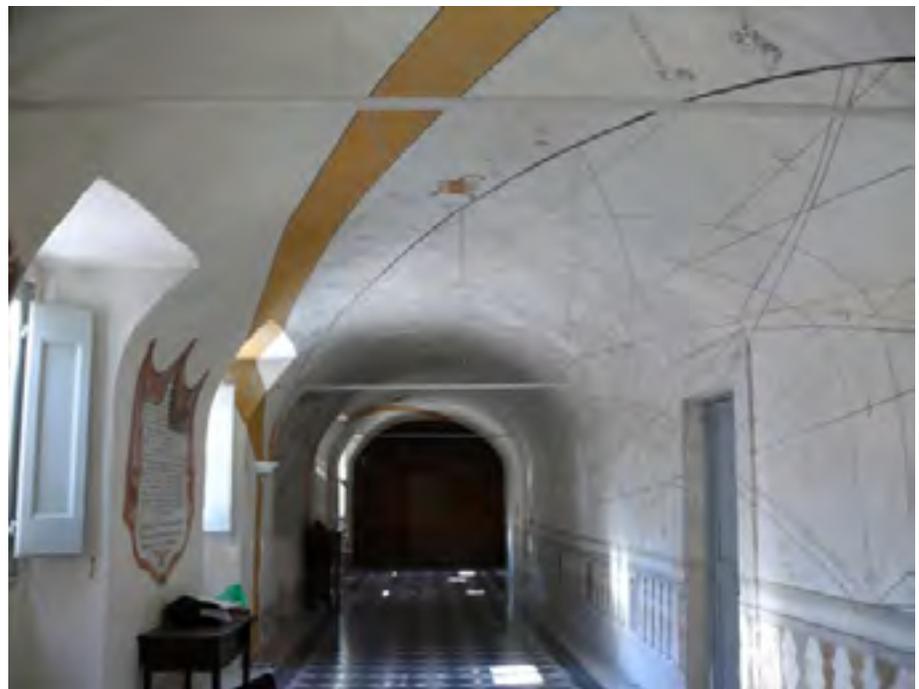
2.17 - Le tracce dell' orologio catottrico realizzato da N. Copernico nel Castello di Olsztyn in Polonia (G. Ferrari 2005).

loggiate del medesimo palazzo avente come soggetto San Francesco da Paola. Il quadrante Trinità dei Monti, chiamato anche *l'Astrolabio* oppure *l'Astrolabio catottrico*, si sviluppa parzialmente lungo i muri e sulla superficie cilindrica della volta a botte che copre la galleria a pianta detta da allora *Galleria dell'Astrolabio*¹⁴ (fig. 2.18)

La finestra attraverso la quale passano i raggi del sole si chiude con una imposta di legno a due battenti in ognuno dei quali è intagliato, alla sua base, al bordo del sostegno della finestra, e lungo il suo bordo opposto ai perni, un portello arrotondato a forma di quarto di cerchio.

Così, a blocco chiuso, resta una piccola fenditura semicircolare, che una gattaiola, di giuste dimensioni, permette di chiudere, ma che viene ritirata per lasciar funzionare il quadrante.

Sul bordo della finestra, in un punto preciso davanti alla gattaiola, si installa una piccola coppa piena d'acqua (forse di mercurio, altre volte), sino ad un livello prefissato da rispettare (fig. 2.19). Il raggio di sole cade sul liquido e si riflette per raggiungere i muri o la volta e delineando le posizioni e i tragitti apparenti del sole, attraverso le numerose famiglie di curve diversamente colorate e corredate di iscrizioni, di simboli, di figure dello zodiaco e di graduazioni proprie di ciascuna delle coordinate del sole che esse debbono rappresentare. Con l'imposta chiusa, quando la sola gattaiola lascia passare un raggio di sole, l'effetto prodotto da questa macchia luminosa



2.18 - La Galleria dell'Astrolabio nel Palazzo di Trinità dei Monti, opera di E. Maignan del 1637. Roma, 2005.

che percorre la volta e i muri, è emozionante (fig 2.20). Bisogna rimarcare qui che l'apertura interna della finestra, molto profonda dato che attraversa una parete spessa in muratura portante, fa iniziare il tracciato del quadrante dallo zenit della coppetta, quindi su una superficie piana e orizzontale. le linee del tempo si estendono poi sulle pareti della volta cilindrica e sui muri laterali. Ma questo quadrante aveva anche una particolarità, che poteva sembrare una novità per l'epoca nella quale è stato realizzato; tra le linee orarie del tempo solare, vero, locale, il Padre Maignan aveva scritto i nomi delle città e dei paesi del mondo intero in cui, in quello stesso istante era mezzogiorno, ovvero nell'attimo in cui il sole culminava sul meridiano del luogo.

Confrontando le date di realizzazione tra gli orologi catottrici di Kircher e di Maignan risulterebbe evidente il primato del gesuita tedesco; occorre però ricordare che esistono testimonianze dell'esistenza di precedenti esemplari realizzati da Maignan in diverse località della Francia, ai quali forse lo stesso Kircher potrebbe essersi ispirato¹⁵.

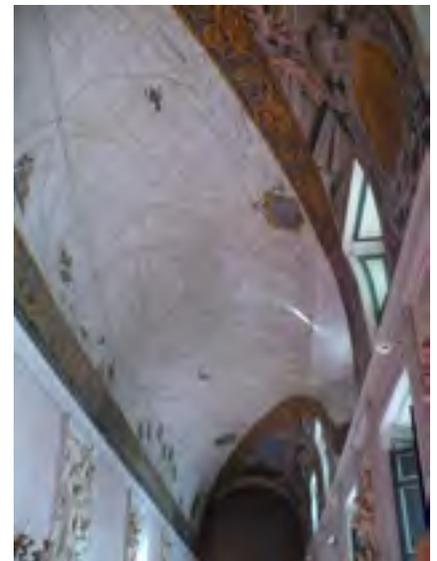
Nel 1646 Maignan realizza l'orologio catottrico negli ambienti romani del Palazzo Spada (fig. 2.21) ampiamente descritto nel suo libro "*Perspectiva horaria...*" del 1648. Tale orologio viene inoltre citato nel "*Thaumaturgus opticus*" del 1646 di Nicéron in cui il trattatista si dedica allo studio delle anamorfose prospettiche. Il funzionamento di tale orologio è identico al precedente di Trinità dei Monti, ma è facile riconoscere l'indiscutibile superiorità artistica e di precisione dal momento che erano già stati collaudati i calcoli astronomici, ottici e proiettivi per cui fu possibile dedicarsi anche all'attenzione ai rapporti tra decorazione e architettura.

Oltre alla necessità di misurare il tempo, ormai gli orologi solari erano diventati dei sofisticati strumenti scientifici la cui complessità teorico tecnica andava di pari passo con gli sviluppi delle scienze matematiche.

Nel 1707 Michel Clapies pubblicò per l'Accademia delle Scienze di Francia il primo articolo ufficiale sulle "*Analogie*". In questo furono sfruttate le analogie trigonometriche usate nella gnomonica per il calcolo ed il disegno degli orologi solari. Fino ad allora avevano prevalso i metodi geometrici, grafici, empirici e strumentali, ma ben presto, con lo sviluppo delle scienze matematiche, ci si rese conto che il calcolo sarebbe stata la via più breve e precisa nella progettazione di orologi solari anche di grandi dimensioni. Gli enciclopedisti sistematizzarono il sapere in termini di tecniche costruttive e ben rappresentativo di questa tendenza fu il trattato *La gnomonique pratique*¹⁶ di François Bedos de Celles (Parigi, 1760), il riferimento più completo per gli gnomonisti moderni fino al declino di quest'arte alle soglie del

2.19 - 2.20 Lo specchietto dell'orologio e la sua riflessione solare sotto la volta della Galleria, Roma, 2005.

2.21 - L'orologio catottrico realizzato da E. Maignan dentro il Palazzo Spada, Roma, 2005.



XX secolo. Durante tutto il XVIII secolo si sviluppò il metodo della geometria prospettiva e quello della trigonometria rettilinea e sferica, anche se i nuovi orologi meccanici prevalsero su quelli che tuttavia ancora venivano ampiamente realizzati per regolare i congegni meccanici, allora ancora piuttosto difettosi, poiché gli unici riferimenti universalmente disponibili per la cronometria.

In Italia, nel 1703, nella Chiesa di S. Maria degli Angeli presso la Stazione Termini in Roma (fig. 2.22) venne costruita da Gian Piero Maraldi e Francesco Bianchini, canonico veronese, su commissione di Papa Clemente XI, una meridiana a camera oscura con foro gnomonico situato lungo una parete all'altezza di 20,3 metri di altezza dal piano del calpestio interno, denominata *Linea Clementina*, allo scopo di controllare l'esattezza delle regole sul tempo introdotte dalla riforma gregoriana.

La linea meridiana è lunga 44 metri, di cui 38 utili in quanto colpiti realmente dai raggi solari; venne utilizzata per la regolazione degli orologi meccanici fino al 1846, anno in cui fu sostituita dallo sparo del cannone per l'indicazione del mezzogiorno.

A Milano, con ingiunzione del Regio Imperial Supremo Consiglio di Governo del 12 maggio 1786, a firma di Cesare Beccaria, si ordinava agli astronomi di Brera di costruire una meridiana nel Duomo per «...esattamente regolare l'orario col punto del mezzogiorno fisico e con la maggior precisione». Una squadra di astronomi e gnomonisti, sotto la direzione



2.22 - La meridiana romana nella chiesa di Santa Maria degli Angeli. Roma, 2005.

del Giovanni Angelo De Cesaris, costruirono una meridiana il cui foro gnomico si trova a 23,82 metri di altezza dal piano di calpestio, che venne verificata e ripristinata successivamente nel 1827, e poi ancora nel 1921 e nel 1976 (fig 2.23).

La meridiana rappresentava per la città di Milano l'orologio ufficiale: il 23 ottobre 1786 un editto del Conte de Wilzeck, Presidente del Regio Imperial Consiglio di Governo e Commissario Plenipotenziario nella Lombardia Austriaca, stabiliva che «...dal giorno primo di dicembre del corrente anno in avanti tutti gli orologi pubblici dovranno essere regolati nella maniera usata nelle altre provincie della Sua Maestà qui sopra indicata, col fissare i due costanti punti del mezzogiorno e della mezzanotte. Affinchè poi in ogni città possa ognuno accertarsi del preciso tempo del mezzogiorno, e così regolare negli orologi anche quello della mezzanotte, si è ordinata la costruzione esatta di una meridiana in tutte le città, già eseguita per Milano nella Chiesa Metropolitana ed in Mantova nel Palazzo detto della Ragione...»; successive leggi precisavano le modalità di svolgimento delle attività economiche e sociali in funzione del nuovo orario introdotto.

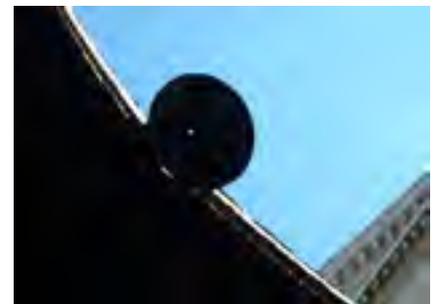
Nel XIX secolo si è avuta la produzione maggiore di libri ed articoli sulla gnomonica analitica e, ogni città italiana si costruisce quindi la sua meridiana.

Nel 1798 viene inaugurata la meridiana di Bergamo alta¹⁷ (fig. 2.24), costruita dal sacerdote Giovanni Albrici, che sfrutta ingegnosamente le condizioni di semioscurità dello spazio porticato del Palazzo della Ragione che la alloggia e, tramite un disco forato posto a 7,64 metri di altezza sotto la volta della loggia (fig. 2.25) si rende possibile effettuare la lettura su una linea meridiana in marmo incastonata nel pavimento alla quale viene associata una lemniscata¹⁸ che graficizza l'equazione del tempo.

Nel 1791, gli astronomi Giuseppe Casella e Sebastiano Grassi costruiscono nel Museo Archeologico Nazionale¹⁹ di Napoli una meridiana a camera oscura²⁰, con foro gnomico a 15 metri di altezza. Il Gran Salone della Meridiana che prende il nome proprio dalla presenza nel pavimento di tale strumento è una delle più famose aule coperte d'Europa. Fu edificata tra il 1612 e il 1615 per desiderio del vicerè don Pedro Fernando de Castro, Conte di Lemos, dall'architetto Giulio Cesare Fontana. Fu il re Ferdinando IV che accolse la richiesta del Casella di concedere che una parte del primo e del secondo piano del Museo Archeologico fosse adibita ad Osservatorio Astronomico (poi trasferito sulla collina di Capodimonte nel 1820) e nel grande Salone (56m x 21m e alto 21m) fu ritenuto idoneo costruire una meridiana a camera oscura.

Il foro *eliottrico* della meridiana è ricavato nello spessore del muro perime-

2.23 - La meridiana del Duomo di Milano, 2008.
2.24 - 2.25 - La meridiana del Palazzo della Ragione di Bergamo e il disco forato che rende possibile la lettura dell'ora sulla linea del pavimento, Bergamo 2010.



trale a Sud-Est. Il suo diametro è di circa 15mm, pari ad 1/1000 della sua altezza dal piano della linea meridiana (fig. 2.26). Essa è costituita da un listello di ottone largo 1 cm inserito nel pavimento e affiancato da lastre in marmo. La meridiana ha anche funzione di calendario, in quanto la proiezione del raggio luminoso, nel suo doppio corso estate-inverno-estate, indica le date dei solstizi, degli equinozi e quelle intermedie (fig. 2.27).

Le dodici costellazioni dello Zodiaco sono rappresentate in inserti ellittici protetti da lastre in vetro.

Nel 1801 viene tracciata da Niccolò Cacciatore, assistente dell'astronomo Piazzi all'Osservatorio cittadino, una linea meridiana anche nel Duomo di Palermo; lo stesso Cacciatore traccia nel 1830 nella Chiesa del Monastero dei Benedettini di S. Nicolò de Avenis a Catania un simile strumento solare, revisionato nel 1841 da W. Sertorius e Chr. Peters, il cui foro gnomonico è alto 23,017 metri. Altri strumenti di misura del tempo sono quelli di San Giuseppe in Brescia²¹, nel Convento dei Minori Osservanti, tracciato nel 1792 da padre Rosina, quello del Duomo di Messina del 1802, ad opera di A.M. Jaci,; ed ancora la meridiana di Palazzo della Ragione a Padova, della Basilica Palladiana a Vicenza, della Basilica di San Marco a Venezia, di San Michele in Bosco a Bologna del 1788 e, sempre a Bologna, la meridiana di Villa Spada dei primi dell'Ottocento²².

2.26 - 2.27 La meridiana del Museo Archeologico di Napoli e il comportamento dei raggi luminosi nel mezzogiorno solare (L.Candurro, Napoli, 2011).



2.13 Gnomonica e Geometria descrittiva: dal primo decennio del 1800 alla moderne scoperte.

Pierre Nicholas Hachette (Mézières 1769 - Parigi 1834) e Gaspard Monge (Beaune 1746 – Parigi 1818) sono universalmente considerati i padri della geometria descrittiva.

Mentre Gaspar Monge non scrive nulla in riferimento specifico alla gnomonica, di Hachette Pierre Nicholas rimane parte di un articolo pubblicato sulla *Correspondance sur l'Ecole Imperiale Polytechnique*, nel 1813 circa. Il suo *Traité de Géométrie Descriptive* (fig. 2.28) , pubblicato a Parigi nel 1822 contiene un intero capitolo dedicato alle ombre, nel quale viene trattato il problema principale della gnomonica, con un taglio però squisitamente geometrico cioè quello di trovare delle ombre proiettate su una data superficie da un segmento di retta parallela all'asse terrestre (in gnomonica denominato *stilo polare*).

I trattati specifici, in questo periodo, non sono moltissimi, ma la gnomonica fu inserita come capitolo integrale in molte opere di astronomia e matematica, architettura e geografia.

Dalla fine del 1800 e nei primi decenni del XX secolo si riscontra ancora un'apprezzabile interessamento degli studiosi di molteplici discipline agli orologi solari, soprattutto nel mondo accademico. Ottimi e fondamentali manuali sono ancora quelli del Emanuele Gallarati, Giovanni Bottino Barzizza (fig. 2.29), Claudio Pasini, ma l'incessante sviluppo e diffusione dell'orologeria meccanica, finisce in breve tempo, e inevitabilmente, nel considerare sorpassato l'antico sistema di misura del tempo. Si avvalsero dei quadranti solari le istituzioni pubbliche, la paleo-industria e le ferrovie, fino ai primi decenni del 1900.

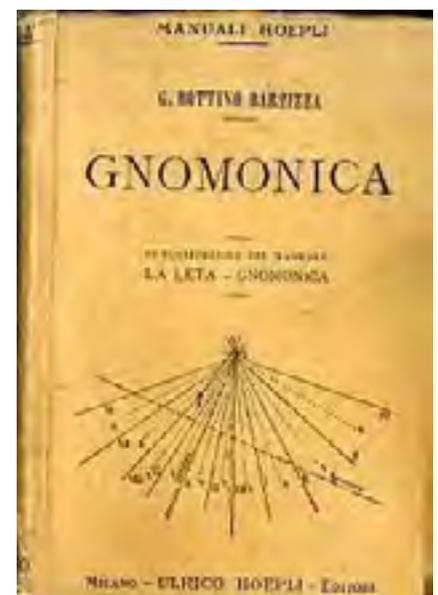
Nel 1925, infine, l'URI (Unione Radiofonica Italiana) iniziò le sue trasmissioni lanciando il segnale orario via etere, esonerando in tal modo la Gnomonica anche da quest'ultima mansione.

Le recenti conquiste della fisica moderna e della tecnologia elettronica hanno prodotto un'ampia ridefinizione formale dei vari settori scientifici, incluse l'astronomia e la cronometria, relegando esclusivamente all'ambito storico, artistico e didattico, gli antichi strumenti solari, ormai superati funzionalmente, per la loro portata, e concettualmente, per la loro metodologia di origine empirica.

L'unità di tempo, il Secondo, era definito fino al 1956 come 1/86.400 del Giorno Solare Medio; nel 1956 venne più precisamente ridefinito come 1/31.556.925,9747 dell'Anno Tropic 1900; nel 1984 infine l'Italia aderì

2.28 - Il frontespizio del *Traité de Géométrie Descriptive* di G.Monge pubblicato a Parigi nel 1822.

2.29 - La copertina del Manuale di *Gnomonica* di G.B.Barzizza dei primi del 1900.



ufficialmente alla convenzione del Tempo Atomico Internazionale²³, l'origine fu fissata alle ore 0 del 1/1/1958 e l'unità di scala è il secondo delle effemeridi, corrispondente alla durata di 9.192.631.770 periodi della radiazione assorbita dall'atomo di cesio 133, nella transizione tra i due livelli iperfini dello stato fondamentale. Può sembrare una definizione astrusa, in realtà si tratta di una definizione operativa a cui corrisponde un'apparechiatura perfettamente stabile e riproducibile.

L'ultimo vero e proprio trattato sugli orologi è quella di Enrico Garnier, *Gnomonica: Teoria e pratica dell'orologio solare* del 1939 edito da Lazarus editore a Sorso (SS). Il grande ingegnere piemontese con l'ausilio della matematica semplice rende più precisa la tecnica della Gnomonica grafica offrendo un ulteriore e nuovo punto di vista per lo studio di questa disciplina antica.

1.14 Passione e divulgazione contemporanea

Dall'inizio degli anni '80, dopo circa un secolo di trascuratezza, si è infatti risollevato un progressivo interesse verso gli orologi solari, di portata non solo locale ma internazionale, e ben tangibile nell'effettiva crescente richiesta per la realizzazione di nuovi quadranti e per il recupero di orologi preesistenti cui si presta una rinnovata ed eterogenea schiera di moderni gnomonisti. Centinaia di singoli appassionati, decine di associazioni e diversi enti pubblici contribuiscono attivamente alla divulgazione di quest'arte, alla sensibilizzazione di tutti verso il patrimonio gnomonico, alla sua rivalutazione, al suo rilevamento.

Le iniziative si moltiplicano sempre più in modo diffuso a vari livelli, dalle attività didattiche nelle scuole, alle mostre, alle conferenze, ai convegni (come, per esempio, gli autorevoli *Seminari Nazionali di Gnomonica* organizzati dalla *Sezione Quadranti Solari* della *Unione Astrofili Italiani*), ai concorsi.

In particolare da alcuni anni è in atto un'ingente operazione di censimento nazionale dei quadranti solari a cura della *Sezione Quadranti Solari* dell'*Unione Astrofili Italiani* (fig.2.30), che vede impegnati una cinquantina di coordinatori locali al rilevamento degli impianti gnomonici nelle 103 province delle 20 regioni italiane per incrementare un unico archivio informatico centrale denominato *AQS*: al 01-03-2006 i quadranti censiti in 3.410 degli 8.102 comuni italiani sono 15.353²⁴.

Un importante risultato di questa ricerca è stata, nel 2001, l'edizione per

conto dell'ANCI (*Associazione Nazionale dei Comuni Italiani*) del primo *Catalogo dei Quadranti Solari Italiani*, intitolato *Le meridiane dei Comuni d'Italia*²⁵.



2.30 - Operazioni di rilievo nel Salone della Meridiana a Napoli condotte dall'ingegnere A.Coppola, nel 2011 (foto L. Candurro 2011).

Note

- ¹ N. Severino, *Storia della Gnomónica*, Prima Edizione, 1992-1994, Roccasecca liberamente consultabile dalla biblioteca digitale di <http://www.nicolaseverino.it>
- ² M. Tosi, *Dizionario enciclopedico delle Divinità dell'Antico Egitto*, Ananche, Torino 2004.
- ³ A. Siliotti, *Abu Simbel e i templi della Nubia*, Egypt Pocket Guide, The American University in Cairo, 2000
- ⁴ N. Severino, *Breve storia della Gnomonica*, da Meridiane ed orologio solari di Rosa Casanova, consultabile su www.gnomonica.it
- ⁵ N. Severino, *Breve storia della Gnomonica*, *Ibidem*.
- ⁶ C. Rendina, D. Paradisi, *Le strade di Roma*, Volume primo A-D, Roma, Newton Compton Editori, 2004.
- ⁷ G. Magno, *Vita di san Benedetto e la Regola*, ed. Città nuova, 2001
- ⁸ T. Grossi, *San Benedetto e la sua opera verso la Chiesa e la Società*, Società Subalpina Editrice, Torino, 1943.
- ⁹ L. Cellauo, *Daniele Barbaro and Vitruvius: the architectural theory of a Renaissance humanist and patron*, Papers of the British School at Rome, 2004.
- ¹⁰ Paschini Pio, *Daniele Barbaro letterato e prelato veneziano del Cinquecento*, Rivista di storia della chiesa in Italia, Roma, 1962.
- ¹¹ G. Stein, *Galileo Galilei e il padre Cristoforo Clavio* in "Sapere" 14 (1941)
- ¹² N. Severino, *la meridiana a riflessione fu inventata da Raffaele Mirami?*, www.nicolaseverino.it, Roccasecca (FR), 2004
- ¹³ J. P. Nicéron, *Memoires pour servir a l'histoire des hommes illustres dans la republique des lettres*, Genève, Slatkine reprints 1971.
- ¹⁴ N. Severino, *Trinità dei Monti: Astrolabio Gnomonico-Catottico di Emanuele Maignan*, consultabile su www.nicolaseverino.it, 2009
- ¹⁵ C. Candito, *Il disegno e la luce. Fondamenti e metodi, storia e nuove applicazioni delle ombre e dei riflessi nella rappresentazione*, Alinea Editrice, Firenze 2010.
- ¹⁶ F.L. Bedos de Celles de Salelles, *La Gnomonique pratique ou l'Art de tracer les cadrans solaires avec la plus grande précision*, Parigi, 1760.
- ¹⁷ G. Paltrinieri, *Meridiane e orologi solari d'Italia*, L'Artiere, Bentivoglio, Bologna, 1997.
- ¹⁸ *la lemniscata* è il diagramma dell'equazione del tempo, che per la ripartizione ciclica annuale dei suoi valori assume la caratteristica forma ad otto. Nell'antica Roma con tale termine si indicava il nastro o la fascia con cui si ornavano palme e corone trionfali. Il matematico J. Bernoulli (Basilea 1654-1705), diede questo nome ad una curva da lui studiata, simile ad un otto o ad un nastro annodato, descritta sugli *Acta Eruditorum* del 1694.
- ¹⁹ S. De Caro, *Museo Archeologico Nazionale*, Electa, Napoli, 2001.
- ²⁰ A. Coppola, *Orologi solari e meridiane a Napoli*, Arte Tipografica editrice, Napoli, 2002.
- ²¹ G. Paltrinieri, *La meridiana del San Giuseppe*, Pubblicato su l'ASTROFILO, Bollettino dell'Unione Astrofili, Brescia, 2002.
- ²² G. Pavanello, A. Trincherò, *Le meridiane*, De Vecchi, Milano, 1999.

²³ P.K.Seidelmann , *Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac*, University Science Books, CA, 1992.

²⁴ G. Paltrinieri , *Meridiane e orologi solari d'Italia*, l'Artiere, Bentivoglio (Bologna), 1997.

²⁵ *Il Catalogo Nazionale delle Meridiane d'Italia*, Istituto tecnico Nautico Artiglio, Viareggio, 2011.

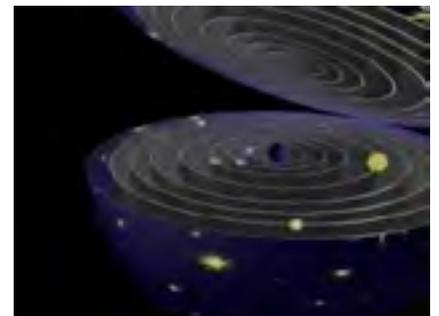
Modelli geometrici virtuali per lo studio della Gnomonica

3.1 Il modello geometrico della sfera celeste: dal sistema geocentrico al sistema eliocentrico.

La Terra è parte del Sistema Solare, ossia quell'insieme di pianeti, di diversa natura e dimensione, che ruotano intorno ad una stella, nel nostro caso il Sole, che fornisce loro luce e calore, sotto forma di radiazione elettromagnetica¹. Questa concezione del "Sistema" è detta "Eliocentrica", in quanto pone il *Sole al centro del Sistema*, verità che oggi trova riscontro non solo nelle osservazioni astronomiche molto più raffinate e complesse rispetto a quelle dei tempi andati, ma anche da prove tangibili, quali le immagini del sistema solare scattate dalle varie sonde che l'Uomo ha inviato nel Cosmo per l'esplorazione dello Spazio. Il "Geocentrismo" aveva avuto in Eudosso di Cnido (fig. 3.1), famoso matematico e astronomo della prima metà del IV sec. a.c., il suo fautore, il quale poneva al centro di tutto, quindi anche dell'Universo, la Terra con la sua atmosfera. Essa viene inserita in una "Sfera centrale", detta anche *sublunare*, mentre intorno ad essa si muovevano delle "Sfere" dette "Omocentriche", cioè che avevano tutte il proprio centro coincidente con quello della Terra (fig. 3.2). Eudosso spiegava i moti celesti in questo modo: egli prevedeva 26 "sfere" per gli "astri erranti", di cui 3 ciascuno servivano al Sole e alla Luna, mentre i cinque pianeti allora conosciuti (Mercurio, Venere, Marte, Giove e Saturno) avevano 4 "sfere" ciascuno. Le stelle, invece, erano *fissate* su una *sfera cristallina* di un certo spessore, la quale girava intorno all'asse della Terra a velocità costante. Il movimento di queste sfere era affidato ad altre sfere

3.1 - A. Cellarius, *la Terra al centro del cosmo*, Harmonia Macrocosmica, 1660-61.

3.2 - Schema Geocentrico con la Terra inserita al centro delle *sfere omocentriche*.



contigue: quella più esterna, girando sullo stesso asse della Terra, nonché dotata di moto proprio, trascina la sfera immediatamente più interna, la quale assume un moto proprio poiché gira intorno ad un altro asse. In questa maniera il moto si trasmetteva via via alle sfere più interne, cosicché l'ultima sfera di ciascun astro finiva col portare l'astro stesso all'equatore². Un'ulteriore perfezionamento fu introdotto da Aristotele che aggiunse altre 16 sfere. Bisogna anche dire che l'astronomo e storico italiano Giovanni Virginio Schiaparelli (Savigliano 1835 - Milano 1910) dimostrò che le "sfere Omocentriche" di Eudosso, a differenza di quelle usate da molti astronomi di epoche successive, non erano concepite come sfere materiali³, ma solo come elementi di un algoritmo di calcolo analogo alla moderna Serie di Fourier, ossia una rappresentazione matematica di una funzione periodica.

Nella seconda metà del III sec. a.C. Aristarco da Samo⁴ riesca a formulare e dimostrare un sistema eliocentrico simile a come noi oggi lo conosciamo. Infatti, egli ipotizzò che sia il *Sole*, sia le *Stelle Fisse*, fossero immobili, mentre la Terra girasse intorno al Sole descrivendo un'orbita circolare generando il fenomeno climatico delle *stagioni*. Purtroppo, gli scritti di Aristarco non sono mai giunti fino ai nostri giorni, per cui non abbiamo avuto modo di valutare nell'interezza la sua teoria eliocentrica; di lui abbiamo solo delle testimonianze citate in altri scritti, come nell'*Arenario* di Archimede.

L'eliocentrismo di Aristarco ebbe però un acerrimo nemico in Claudio Tolomeo (ca. 100- ca. 175 d.C.), astronomo greco vissuto ad Alessandria d'Egitto, autore di diverse opere di natura geografica ed Astronomica, tali da divenire punti di riferimento per quasi 1500 anni, fino alle nuove scoperte geografiche e astronomiche e l'affermarsi del sistema copernicano. Alla luce delle sue conoscenze astronomiche che gli derivavano dalla conoscenza della cultura greca e babilonese formulò una teoria, detta *Tolemaica*, o *Sistema Tolemaico*. Detta teoria è ampiamente descritta nella sua opera più famosa, "*Mathematikè Syntaxis*" (trattato Matematico), meglio noto come l'*Almagesto*.

Forte dei suoi studi, nell'opera egli si mostra sicuro della centralità ed immobilità della Terra nell'Universo rifiutando a priori, già nell'introduzione, qualsiasi teoria eliocentrica, con le quali polemizza argomentando le sue tesi con diverse disquisizioni filosofiche. Comunque, le informazioni e gli strumenti di calcolo forniti nella parte centrale dell'opera su stelle, pianeti, costellazioni, ecc., furono sufficientemente precisi a garantire per più di 1000 anni ad astronomi, naviganti, astrologi, sia arabi, sia europei, quanto abbisognava loro per lo svolgimento delle loro attività.

delle stelle; forniva una spiegazione chiara del moto retrogrado di Marte, Giove e Saturno, nonché il motivo per il quale Mercurio e Venere non superavano mai una determinata distanza dal Sole. Le teorie copernicane affermavano anche che la sfera delle stelle fisse era immobile.

Un'altra importante caratteristica della teoria eliocentrica è che essa consentiva una nuova disposizione dei pianeti in base ai loro periodi di rivoluzione. Nell'universo di Copernico, diversamente da quanto accadeva in quello di Tolomeo, maggiore è il raggio dell'orbita di un pianeta, maggiore è il tempo impiegato dal pianeta per compiere un giro intorno al Sole. Il concetto di una Terra che ruota intorno al Sole non era però accettabile per la maggior parte dei lettori del XVI secolo, anche per quelli che comprendevano le rivendicazioni di Copernico; alcune parti della sua teoria furono tuttavia adottate, mentre il fulcro fu ignorato o comunque rifiutato. Altrettanto fortunato, invece, non fu Galileo Galilei (15/02/1564 - 8/01/1642). Infatti, a seguito delle prime osservazioni e studi astronomici condotti dallo stesso col "telescopio", strumento che egli stesso inventò, riprese "l'ipotesi" eliocentrica avanzata da Niccolò Copernico, innalzandola a vera e propria "tesi" scientifica, quindi dando un connotato di "verità" che contrastava con la posizione ufficiale della Chiesa⁵.

Il contributo dato da Copernico e Galileo Galilei non fu vano. Keplero, sia Isaac Newton apportarono successivamente delle correzioni, finché non arriviamo ai nostri giorni, ove l'astronomia, con i suoi potenti mezzi, ha dimostrato quanto giuste erano le tesi di Galilei.

In contrapposizione alla teoria tolemaica, l'astronomo Nicola Copernico, riprendendo una teoria di Aristarco di Samo fu il divulgatore della teoria eliocentrica, in base alla quale il Sole è immobile al centro dell'universo, mentre la Terra e i pianeti ruotano su orbite circolari intorno ad esso. La scelta del punto di vista di Copernico fu determinata soprattutto da motivi di semplicità, armonia ed eleganza: nel sistema geocentrico occorreano circa ottanta cerchi per spiegare i movimenti celesti, in quello eliocentrico ne bastavano quarantotto. Copernico, così come gli astronomi greci, era tenacemente legato all'idea della perfezione delle figura circolari ed era convinto dell'uniformità dei moti degli astri. Perciò utilizzò anch'egli combinazioni di più cerchi per spiegare le divergenze fra le osservazioni e il modello geometrico ipotizzato. I punti fondamentali del sistema copernicano possono così essere enunciati:

- L'Universo è limitato dalla sfera immobile delle stelle fisse

- Il Sole è immobile al centro dell'universo
- Tutti i pianeti si muovono intorno al Sole con moto circolare uniforme
- La Terra è dotata di un moto di rivoluzione intorno al Sole e di rotazione intorno al proprio asse.

Questa teoria spiegava i moti retrogradi con il fatto che i pianeti vengono osservati dalla Terra in movimento⁶. Marte ad esempio essendo più esterno si sposta più lentamente della Terra. Ne segue che la Terra, raggiunta la linea di congiunzione Sole-Marte, sorpasserà Marte, che appare così muoversi di moto retrogrado.

3.2 La sfera terrestre nella teoria copernicana.

Il modello copernicano spiega il moto retrogrado di Marte come dovuto alla maggiore velocità della Terra. Il moto appare retrogrado quando la Terra supera Marte.

Da un punto di vista geografico il piano fondamentale nel sistema di coordinate terrestri è quello dell'equatore mentre l'asse di rotazione terrestre determina la direzione fondamentale. Naturalmente è presupposto necessario il fatto che la superficie terrestre sia di forma sferica. Un piano contenente l'asse terrestre (piano meridiano), costituisce sulla superficie terrestre un cerchio massimo, denominato cerchio meridiano, che passa per i poli. Un meridiano geografico è costituito invece da una semicirconferenza compresa tra i poli. La semicirconferenza che completa il cerchio meridiano dal lato opposto è denominata an-imeridiano. I meridiani sono tutti uguali fra loro⁷.

Sono denominati paralleli i cerchi che si formano dall'intersezione tra qualunque piano parallelo all'equatore con la superficie terrestre (fig. 3.5). Maggiore è la distanza dei paralleli dall'equatore tanto più piccoli sono i paralleli. La rete formata sulla superficie terrestre dai paralleli e meridiani costituisce quel reticolato geografico che ci permette di identificare con assoluta precisione la posizione di un punto sulla superficie. Le coordinate geografiche di un punto sulla superficie terrestre sono costituite dall'indicazione riportante il parallelo e il meridiano passanti per quel punto. Il meridiano passante per l'Osservatorio astronomico di Greenwich, nei pressi di Londra è stato convenzionalmente fissato quale meridiano fon-

3.5 - Schema di individuazione dei meridiani e paralleli sulla sfera terrestre.



damentale. Tale meridiano è chiamato anche meridiano zero, meridiano origine, primo meridiano, meri-diano iniziale, o meridiano di Greenwich e rappresenta il riferimento di partenza per la suddivisione convenzionale in fusi orari e per il tempo universale.

La longitudine geografica è la distanza angolare di un punto dal meridiano fondamentale, misurata sull'arco di parallelo che passa per quel punto. Essa corrisponde all'angolo compreso tra il piano del meridiano del punto e il piano del meridiano fondamentale (fig. 3.6).

La latitudine geografica⁸, invece, è la distanza angolare di un punto dall'equatore misurata lungo il meridiano che passa per quel punto. Essa corrisponde all'angolo compreso tra la verticale del luogo e il piano dell'equatore. I punti lungo l'equatore hanno latitudine 0°.

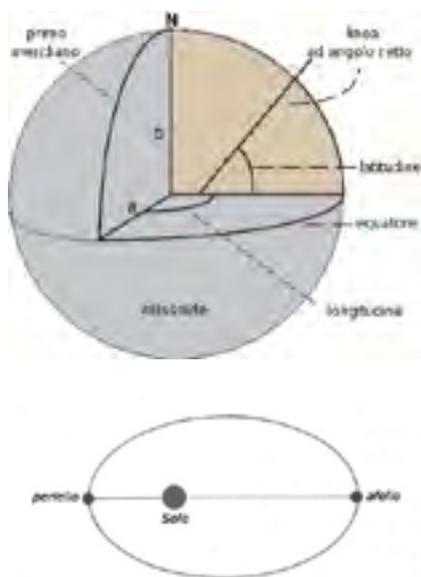
La distanza massima della Terra dal Sole è denominata apogeo mentre la distanza minima è denominata perigeo (fig. 3.7).

L'orbita descritta dalla Terra è un'ellisse di cui il Sole ne occupa uno dei due fuochi ed è per questo che la distanza della Terra dal Sole non è costante e varia nel corso dell'anno. Anche la velocità orbitale della Terra varia dalla massima all'apogeo alla minima quando si trova al perigeo. La terra, perciò, varia continuamente la sua distanza rispetto il sole. Nel punto più vicino, perielio, dista dal sole 1477 milioni di chilometri, mentre nel punto più lontano, afelio, ne dista 152 milioni di chilometri. Il periodo di tempo impiegato dalla terra per compiere una rivoluzione completa si chiama un anno il quale dura 365 giorni 5 ore 48 minuti e 46 secondi.

L'osservazione del movimento dei corpi celesti fa sembrare che questi si muovano in direzione da Est a Ovest attorno al polo Nord celeste e polo Sud celeste. In realtà questo movimento dipende dal movimento rotatorio della Terra da Ovest verso Est attorno all'asse terrestre che incontra la superficie della Terra nei due punti chiamati rispettivamente polo Nord terrestre e polo Sud terrestre. Si chiama asse del mondo la retta che congiunge i due poli celesti che coincidono per allineamento ai poli terrestri. Il punto medio del segmento di congiunzione dei poli terrestri si chiama centro della Terra. Il piano perpendicolare all'asse terrestre interseca la superficie della Terra determinando un cerchio massimo chiamato equatore terrestre. Esso divide la Terra in due emi-sferi (settentrionale o boreale dalla parte del polo Nord e meridionale o australe dalla parte del polo Sud).

3.6 - Schema di individuazione della latitudine e della longitudine sulla sfera terrestre.

3.7 - I punti di afelio e di perielio della Terra.



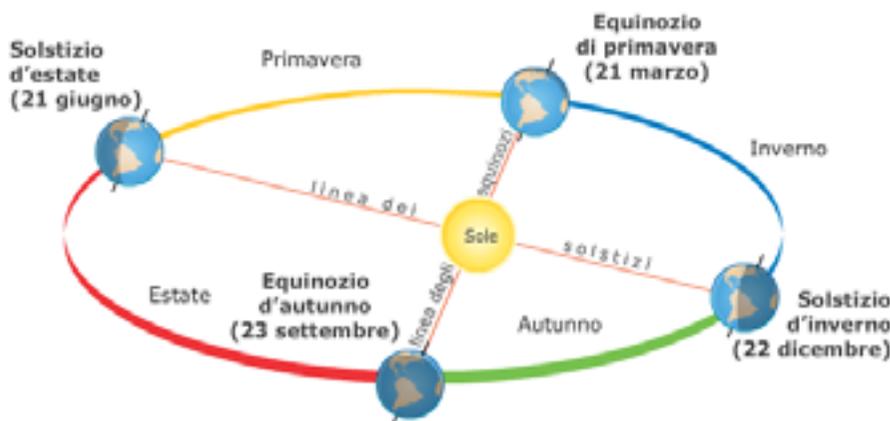
3.3 La sfera celeste ed il moto apparente del Sole.

Il moto di rivoluzione da origine alle stagioni astronomiche che sono quattro: primavera, estate, autunno e inverno. La terra in questo moto intorno al sole, viene a trovarsi in quattro posizioni particolari nei giorni che segnano le stagioni astronomiche (fig. 3.8).

I quadranti solari altro non sono che la rappresentazione grafica sulla terra di alcuni dei principali circoli percorsi dal sole lungo la sfera celeste, che si configura come modello interpretativo del moto apparente dell'Astro (fig.3.9). Tale immateriale contatto tra Terra e Cielo, realizzato a mezzo di 'rette proiettanti', ovvero attraverso i raggi luminosi che allineano la posizione dell'Astro con la punta dello *gnomone* e con l'ombra portata lungo la superficie del quadrante, costituisce sicuramente l'elemento di intramontabile fascino degli orologi solari attraverso i secoli.

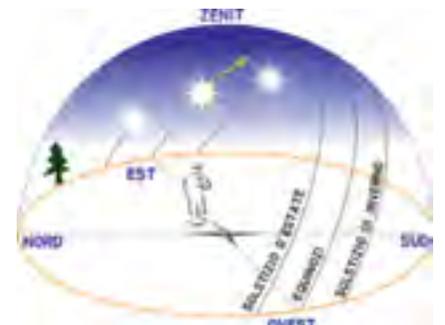
La variabilità di forma e la mutevolezza delle ombre sono infatti la testimonianza visibile del reciproco moto tra Sole e Terra; in particolare, negli studi di gnomonica, si assume la centralità del nostro pianeta all'interno del modello geometrico di studio che esemplifica il *moto apparente del Sole*, con la Terra nel centro di una sfera celeste ideale.

Lungo la superficie della sfera celeste il Sole dunque compie i suoi passi, secondo traiettorie diurne e annuali: le affascinanti curve di un quadrante solare altro non sono che il disegno sulla Terra di quei passi. Il cerchio massimo sulla sfera celeste che corrisponde al percorso apparente del Sole durante l'intero anno è denominato *eclittica*. L'eclittica assume una disposizione sulla sfera celeste in modo dipendente dall'orbita terrestre attorno al Sole e dall'inclinazione del piano equatoriale rispetto a essa. L'angolo rappresentato da questi due piani si chiama obliquità eclittica.



3.8 - La posizione della Terra rispetto al Sole nei giorni che segnano le stagioni astronomiche.

3.9 - Il moto apparente del Sole sulla sfera celeste.



La Terra ruota attorno al Sole in senso antiorario rispetto all'osservatore boreale con un periodo di rivoluzione detto anno sidereo.

Il piano orbitale del Sole non è parallelo al piano equatoriale ma è inclinato di 23° e $27'$ (obliquità dell'eclittica) rispetto a esso. Proprio questa inclinazione, approssimativamente costante, dispone la Terra in quattro caratteristiche posizioni rispetto il Sole. Questi quattro punti particolari dell'eclittica assieme ai momenti dell'anno in cui il Sole vi si trova sono chiamati equinozi e solstizi.

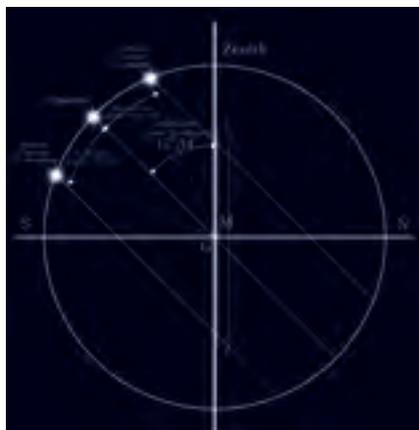
Ogni giorno l'Astro traccia infatti un arco di circonferenza la cui lunghezza è funzione del periodo dell'anno considerato; tali archi hanno tutti la medesima giacitura, che varia in funzione della latitudine del luogo, e dunque si geometrizzano come circonferenze parallele, di diametro massimo solo in coincidenza delle date degli equinozi, nei quali la curva coincide con i due giorni dell'anno in cui è possibile osservare lo stesso numero di ore di luce e di oscurità e, precisamente, il 21 marzo (equinozio di primavera) e il 23 settembre (equinozio di autunno). Nel disegno dei quadranti solari altre due date risultano sempre rappresentate e sono quelle del 21 giugno (solstizio d'estate) e del 22 dicembre (solstizio d'inverno), giorni in cui il numero delle ore di luce nelle quali il Sole si trova al di sopra dell'equatore celeste è rispettivamente massimo e minimo (fig. 3.10). Tali cerchi diurni presentano lunghezze differenti poiché, non passando per il centro della sfera, non sono cerchi massimi. Tali traiettorie (21 giugno e 22 dicembre) vengono graficizzate come dei coni di luce⁹, riprendendo la definizione di R. Migliari nel suo *Dieci Lezioni di Geometria Descrittiva*, nella porzione di superficie compresa tra la direttrice circolare sulla sfera celeste e il vertice, per differenziarli così dalle rispettive seconde falde, dal vertice fino alla superficie del quadrante solare, definibili come "coni d'ombra" la cui intersezione descrive i passi quotidiani da tracciare sull'orologio.

Le curve dei due solstizi individuate dalle due iperboli definiscono lo spazio entro il quale l'ombra dello gnomone si muove in senso verticale durante l'arco dell'anno.

Le orbite apparenti del Sole sono strettamente dipendenti dalla latitudine e dalla declinazione solare, ossia dal giorno (data) e dal luogo dell'osservazione terrestre. In sostanza sono quelle traiettorie che appaiono all'osservatore sulla Terra.

L'asse di rotazione del Sole è perpendicolare per l'osservatore posto al Polo e va inclinandosi sempre più con il diminuire della latitudine fino a diventare parallelo al piano di osservazione all'equatore. Le orbite, nelle diverse condizioni di latitudine e declinazione, evidenziano visivamente

3.10 - La sfera celeste disegnata per la latitudine di Alzano Lombardo e gli angoli di declinazione positiva e negativa del Sole (cfr. tav. 3 pag. 127).



le conseguenti variazioni di altezza e azimut solare. Rispetto il piano di osservazione le porzioni di orbita sottostanti allo stesso corrispondono alla notte, i punti di contatto con il piano s'identificano nell'alba e nel tramonto mentre il culmine delle orbite, rivolte a Sud, corrispondono al mezzogiorno vero locale (fig. 3.11).

Il Sole percorre l'orbita apparente con una velocità costante essendo questo moto apparente dovuto alla rotazione terrestre. Il sorgere e il tramontare apparente del Sole è quello che noi percepiamo a causa della rifrazione atmosferica. A causa appunto della rifrazione noi vediamo sorgere il Sole un po' prima che esso si alzi effettivamente sopra l'orizzonte.

La luce del Sole è deviata, cioè rifratta, come entra nell'atmosfera terrestre facendosi che il sorgere apparente avvenga prima del sorgere effettivo del nostro astro. Lo stesso accade per il tramonto, esso sembra avvenire un po' prima di quando, in effetti, il Sole passa sotto l'orizzonte.

Astronomicamente, il giorno, rappresenta l'intervallo temporale tra due successive culminazioni superiori o inferiori di un astro o di un punto della sfera celeste. Quando il riferimento è il Sole vero, prende il nome di giorno solare vero, se riferito al Sole medio si chiama giorno solare medio, se è il punto gamma, si chiama giorno solare siderale. In pratica il tempo astronomico è rappresentato dall'angolo orario di un astro o di un punto della sfera celeste.

Il giorno come unità di misura.

Per la misura del tempo definita in base ai giorni solari, si distingue una data astronomica che considera il giorno come l'intervallo tra due passaggi al meridiano superiore e una data civile che invece conteggia il tempo dal meridiano inferiore. Sono definiti vari tipi di giorni e di tempi secondo il punto di riferimento scelto.

3.11 - La sfera celeste disegnata per la latitudine di Alzano Lombardo nei giorni di equinozio e dei due solstizi. In arancio il cono d'ombra in bianco il cono di luce che proietta l'ombra dello gnomone sul quadrante dell'orologio (cfr. tav. 3 pag. 127).



Il giorno solare vero (fig. 3.12) è l'intervallo di tempo trascorso tra due passaggi consecutivi del Sole al meridiano astronomico iniziando con il passaggio del Sole a mezzanotte al meridiano inferiore.

Il giorno solare vero per le cause seguenti cambia in corso d'anno:

- per la variazione di velocità della Terra nella sua orbita ellittica attorno al Sole (più veloce al perigeo e più lenta all'apogeo)
- per l'obliquità dell'eclittica.

Conseguentemente alla prima causa il giorno solare più corto dovrebbe cadere ai primi di gennaio con il Sole al perigeo e il più lungo (+15 secondi) ai primi di luglio con il Sole all'apogeo. Conseguentemente alla seconda causa i giorni più lunghi dell'anno cadrebbero ai solstizi e i più corti agli equinozi (differenza di circa 39 secondi). L'effetto sovrapposto di entrambi i fenomeni fa sì che il giorno solare vero più lungo, +30 secondi rispetto al giorno solare medio, avvenga a metà dicembre mentre il più corto, -21 secondi, avvenga a metà settembre.

L'intervallo di tempo che intercorre tra due successivi passaggi del Sole medio sullo stesso meridiano costituiscono il giorno solare medio. Il valore costante del giorno solare medio rappresenta la durata media del giorno solare vero, che invece è variabile nel corso dell'anno. Il giorno solare medio, considerato unità di misura del tempo solare medio, inizia alla culminazione superiore del Sole medio. L'istante d'inizio del giorno solare medio, non è conveniente per usi civili perché porterebbe a un cambiamento di data nelle ore diurne (a mezzogiorno). Si è introdotto così il giorno civile: esso è un giorno solare medio che inizia alla mezzanotte media, cioè alla culminazione inferiore del Sole medio.

3.12 - Il giorno solare vero.



Nozione di Tempo vero, Tempo medio e la lemniscata.

Il Tempo vero (quello legato al movimento del sole) ed il Tempo medio¹⁰ (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. La differenza temporale dipende dal fatto che il Tempo solare medio si basa sul movimento di un Sole ipotetico (Sole medio) che nel corso dell'anno percorre l'equatore celeste con moto uniforme mentre il Sole vero si muove con moto non uniforme lungo l'eclittica. L'equazione del Tempo, durante l'anno, varia regolarmente passando da valori negativi (ritardo) a valori positivi (anticipo) accumulati in corso d'anno tra la posizione del Sole vero e quella del Sole medio. L'anticipo o il ritardo massimo del passaggio al meridiano del Sole vero rispetto il Sole medio è di circa 16 minuti. L'equazione del Tempo si annulla quando i due Soli culminano

insieme (sono in congiunzione) 4 volte l'anno rispettivamente il 15 aprile, il 15 giugno, il primo settembre e il 25 dicembre. Anche i valori assoluti massimi sono raggiunti 4 volte l'anno e più precisamente:

verso il 12 febbraio -14m,4
 Verso il 15 maggio +3m,8
 Verso il 27 luglio -6m,3
 Verso il 3 novembre +16m,4

Un orologio solare indica il Tempo vero, quindi necessita di una correzione per poter risalire al Tempo medio.

In realtà è possibile inserire questa informazione sul quadrante solare. Anziché tracciare la linea oraria retta corrispondente all'ora vera, si traccia punto per punto la posizione dell'ombra della punta dello stilo sempre alla stessa ora media e nel corso dell'anno.

Si ottiene così una curva a forma di 8 che viene chiamata Analemma (fig. 3.13 - 3.14) o, Lemniscata¹¹, la quale permette di leggere sull'orologio solare il Tempo medio. (fig. 3.15).

Allo scopo di non appesantire eccessivamente il quadrante rendendone difficile la lettura, si usa tracciare (eventualmente) la lemniscata sulla sola linea del mezzogiorno.

L'ombra della punta dello stilo segue durante l'anno, allo scoccare delle ore 12:00 del tempo medio, l'andamento della lemniscata percorrendo nell'ordine:

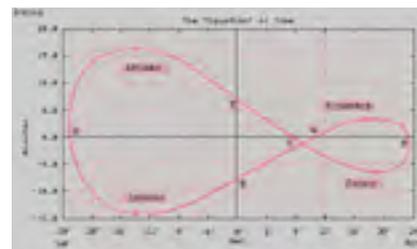
- il ramo superiore sinistro (dalla linea del solstizio d'inverno a quella dell'equinozio) durante la stagione invernale
- il ramo inferiore destro (dalla linea dell'equinozio a quella del solstizio d'estate) durante la primavera
- il ramo inferiore sinistro (dalla linea del solstizio d'estate a quella dell'equinozio) durante la stagione estiva
- il ramo superiore destro (dalla linea dell'equinozio a quella del solstizio d'inverno) durante la stagione autunnale.

3.4 La metodologia dei coni di luce¹² per il disegno dei quadranti solari.

Esiste una relazione angolare tra i segmenti di retta che uniscono il centro della sfera con i punti in cui il sole passa alle ore 12,00 nei giorni di solsti-

3.13 - 3.14 - Il grafico della Lemniscata e la stessa ottenuta fotografando il Sole sempre alla stessa ora durante il corso dell'anno.

3.15 - Orologio solare con analemma per la lettura del tempo medio.



zio ed equinozio e dipende dal valore della *declinazione solare* (intesa come formato fra la direttrice Terra – Sole e il piano equatoriale terrestre), che è la stessa per tutti i luoghi della terra, e varia dall'angolo nullo durante gli equinozi a quello massimo positivo di $23^{\circ}27'$ durante il solstizio d'estate, fino a quello negativo di $23^{\circ}27'$ nel giorno del solstizio d'inverno, misurando l'inclinazione dei raggi luminosi sull'equatore terrestre in una determinata data. Tali archi individuano, in ciascun giorno dell'anno, la base di un cono circolare avente il vertice nella punta dello gnomone deputato alla lettura del tempo; la superficie rigata risulta infatti composta dai raggi luminosi che congiungono le varie posizioni diurne del Sole con l'estremità dello gnomone.

Possiamo definirli *coni di luce*, riprendendo la definizione di Riccardo Migliari, nella porzione di superficie compresa tra la direttrice circolare sulla sfera celeste e il vertice, per differenziarli così dalle rispettive seconde falde - dal vertice dunque fino alla superficie del quadrante solare - definibili invece come *coni d'ombra* e la cui intersezione descrive le linee diurne da tracciare sull'orologio. Il disegno di un quadrante solare lungo una qualsiasi superficie che ne riceva l'ombra diviene così un problema squisitamente geometrico e di interessante complessità spaziale per l'intersezione tra superfici luminose coniche e superfici reali di qualsiasi forma.

Il Sole, nel percorrere il suo moto sull'Eclittica, attraversa delle costellazioni denominate zodiacali il cui insieme costituisce lo Zodiaco. La definizione Babilonese dello Zodiaco conta 12 costellazioni anche se in realtà nel percorso dell'Eclittica se ne trova una tredicesima che si chiama Ofiuco.

Ogni costellazione dello Zodiaco interessa convenzionalmente un arco di 30° dell'Eclittica dal Punto d'Ariete (Vernale) e pertanto ogni tre costellazioni zodiacali corrispondono ad una stagione e pertanto si evince che lo Zodiaco corrisponde ad un sistema di mesi astro-nomici sincronizzato con solstizi ed equinozi.

Nella realtà le costellazioni occupano porzioni di cielo, attraversate dall'Eclittica, per archi diversi da 30° come ad esempio la costellazione del Toro che ne occupa 35° oppure la costellazione dello Scorpione che ne occupa 7° , senza contare che non è considerata Ofiuco la tredicesima costellazione.

Il Punto d'Ariete (vernale), a causa della precessione degli equinozi, si sposta e attraversa quindi un'intera costellazione zodiacale in circa 2140 anni. Infatti, in realtà, il Punto d'Ariete ha lasciato la costellazione dell'Ariete già nel 60 a.C. per entrare nella costellazione dei Pesci che abbandonerà nel

2100 per entrare nell'Acquario. Si può pertanto affermare senza possibilità di smentita che i periodi zodiacali odierni sono convenzionali e non corrispondenti alla reale distribuzione delle costellazioni sull'Eclittica.

La costellazione dell'Ariete corrisponde, convenzionalmente, ai primi 30° di arco dell'Eclittica dopo il Punto d'Ariete anche se invece ora in questa zona dell'Eclittica si trova la costellazione dei Pesci.

I periodi zodiacali sono delimitati da valori della declinazione del Sole che, risultano identici per le costellazioni simmetriche rispetto l'asse dei solstizi e, con segno opposto, all'asse degli equinozi.

Queste particolari condizioni rendono i periodi zodiacali molto adatti alla gnomonica che li usa in alternativa ai mesi del calendario i cui limiti sono definiti da declinazioni di Sole non sincronizzate con solstizi ed equinozi che comunque hanno valori annualmente variabili.

3.5 Sistemi orari e la loro classificazione.

Ore temporarie ineguali

Il sistema più antico di misurazione dell'ora, quello per intenderci utilizzato dai Greci, dai popoli palestinesi e dai Romani, è rappresentato sul quadrante denominato *giudaico* o *planetario* o *canonico*, che riunisce in sé diversi secoli di misurazione delle ore cosiddette antiche o diseguali: l'ora indicata è quella Temporaria (detta anche ora Antica, Ebraica o Giudaica, Biblica, Romana, Naturale, Ineguale, impropriamente chiamata anche Planetaria) che suddivide l'arco diurno, benchè variabile in estensione nel corso dell'anno, in 12 ore: l'ora zero e la dodicesima cadono sulla linea dell'orizzonte, l'ora sesta cade sempre al mezzogiorno (locale), mentre l'ampiezza delle altre ore varia al variare della stagione con ore estive più lunghe (fino a circa 1 ora e $\frac{1}{4}$) ed ore invernali più corte (fino a circa $\frac{3}{4}$ d'ora). In tali tipi di quadrante le linee orarie non convergono in un medesimo punto, anche se orologi di costruzione meno accurata fanno emergere per semplicità tutte le linee dal piede dello stilo.

L'utilizzo degli orologi ad ora antica si protrasse fino alla fine del 1600 per poi cadere completamente in disuso. Le ore temporarie pare siano ancora utilizzate nei monasteri del Monte Athos, nella penisola Calcidica in Grecia. Derivato dal Temporario è il quadrante Canonico (o Canoniale), con una suddivisione più pratica, finalizzata a scopi religiosi e riferita alla Regola Benedettina. In uso già nel VII secolo, suddivide il semicerchio orario in dodici "spicchi" di uguale ampiezza, che vengono numerati da 1

a 12: normalmente si trovano indicate sul quadrante solo le ore terza, sesta e nona (più raramente la dodicesima); anche in questo tipo di quadrante la durata delle ore risulta di 60 minuti solamente nei giorni di equinozio, variando alle nostre latitudini dai 40 minuti dei mesi invernali agli 80 dei mesi estivi (in Medio Oriente questo divario orario era molto più contenuto), ma questo fatto non rappresentò mai un inconveniente in quanto l'orologio più che fissare un istante definito, individua un certo lasso di tempo. Il quadrante infatti si basa sull'antico computo palestinese che divideva la giornata in otto periodi di 3 ore: indicando ad esempio l'ora sesta si intendeva un periodo di tempo che andava da metà mattinata al mezzogiorno; la linea dell'ora sesta puntualizza inoltre il preciso momento del mezzogiorno locale.

Numerosi quadranti ad ora antica sono ancora visibili in tutta Italia. A parte i ritrovamenti archeologici di orologi romani a Pompei, Ercolano e Aquileia, un notevole esemplare si trova a Firenze, su Ponte Vecchio. Le ore Temporarie modificano quotidianamente la loro durata: se la cosa non crea grossi problemi da un punto di vista strettamente gnomonico, rappresenta però un ostacolo insormontabile nel caso di orologi meccanici.

Ore equinoziali

Si cominciò successivamente ad utilizzare le *ore equinoziali* o *eguali*, in quanto avendo all'equinozio l'arco diurno la stessa ampiezza di quello notturno era divisibile in 12 parti. Queste ore nascono quindi dalla necessità di scandire ore di uguale durata in qualsiasi periodo dell'anno, suddividendo in 24 ore l'intero ciclo giorno-notte (fig. 3.16).

Ore babilonesi

Nell'orologio Babilonico (Ab ortu, ora Caldea, Greca, Egizia) la numerazione oraria inizia al levar del sole per terminare al levar del sole del giorno successivo, secondo le antiche usanze medio-orientali. Le linee orarie si sviluppano sul quadrante a partire dalla prima ora della giornata (ora zero) disposta sulla linea dell'orizzonte, dal piede dello stilo verso sinistra; il mezzogiorno è indicato agli equinozi dall'ora sesta, mentre negli altri giorni dell'anno oscilla tra la quarta e la settima ora. L'informazione che forniscono i quadranti babilonici è riferita al numero di ore che sono trascorse dal momento del sorgere del sole.

Non sono orologi molto frequenti e si ritrovano praticamente sempre in associazione con altri quadranti in modo da aumentarne l'impatto spetta-

3.16 - Un orologio solare a Montarsio in Val Rendena (TN), 2011.



colare con il complicato reticolo orario che ne deriva. Gli orologi ad ora babilonese si configurano con una linea orizzontale a sinistra del quadrante (l'ora 0 dell'alba, non presente in figura in quanto il quadrante è declinante ad ovest) e le altre linee che indicano le ore successive mano a mano si orientano lungo una la verticale (fig. 3.17).

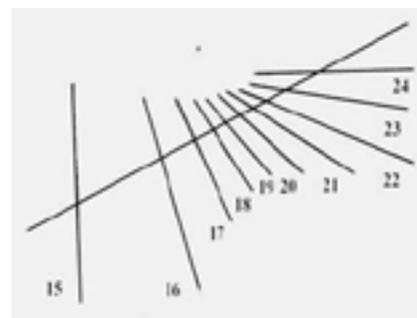
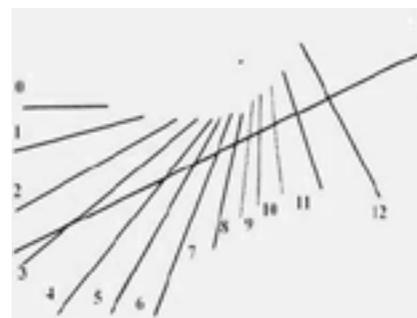
Ore italiche

Ribaltando di 180° secondo l'asse verticale il quadrante Babilonico si ottiene il quadrante italico: è facile capire che anche tale quadrante suddivide il giorno in 24 parti iniziandone però la numerazione dal tramonto; le linee orarie percorrono il quadrante terminando con l'ora XXIV sulla linea dell'orizzonte, dal piede dello stilo verso destra. L'orologio Italico vede gli inizi del suo utilizzo verso la metà del 1300 e fonda la sua fortuna sul fatto di indicare il numero di ore mancanti al tramonto del Sole: ai fini della vita pubblica interessava conoscere le ore di luce che rimanevano per terminare una giornata lavorativa in modo da non farsi cogliere dal buio fuori dal paese o per le strade, situazioni ai quei tempi non molto gradevoli. L'indicazione data dall'orologio inoltre rimane valida durante tutto il corso dell'anno, sia che il sole invernale tramonti presto, sia che quello estivo tramonti più tardi. Agli equinozi (rappresentati dalla linea equinoziale, la retta che solca il quadrante da sinistra a destra inclinata a seconda dell'orientamento della parete) il mezzogiorno viene indicato dall'ora italica diciottesima (sul quadrante da campanile dalla oraria delle 17,30), mentre nel corso dell'anno varia tra la sedicesima e la diciannovesima (fig. 3.18).

Il suo uso si protrasse sino alla seconda metà del XVIII secolo e sopravvive oggi solo più nel restauro degli antichi quadranti. Esistevano due tipi di quadrante italico, a seconda di come veniva individuata la fine della giornata: di norma l'ora XXIV corrisponde all'esatto momento del tramonto (ora del Vespro), ma era utilizzato anche un italico da campanile che prevedeva la conclusione della giornata mezz'ora dopo il tramonto (ora dell'Ave Maria), tenendo in tal modo conto anche della durata del crepuscolo; come segno distintivo tali orologi riportavano dipinta sul quadrante una campanella. Le ore italiche vennero inoltre battute dai primi orologi meccanici, quasi a sottolineare la diversità dell'ora civile da quella monastica. Residuo del misurare secondo l'ora Italica è l'espressione che permane nella lingua parlata *portare il cappello sulle ventitrè* facendo riferimento alla inclinazione della XXIII ora; inoltre nella vecchia liturgia ecclesiale la Messa del sabato sera valeva per la domenica, mentre quella della domenica perchè fosse valida doveva essere officiata prima del tra-

3.17 - quadrante solare babilonese.

3.18 - quadrante solare italico.

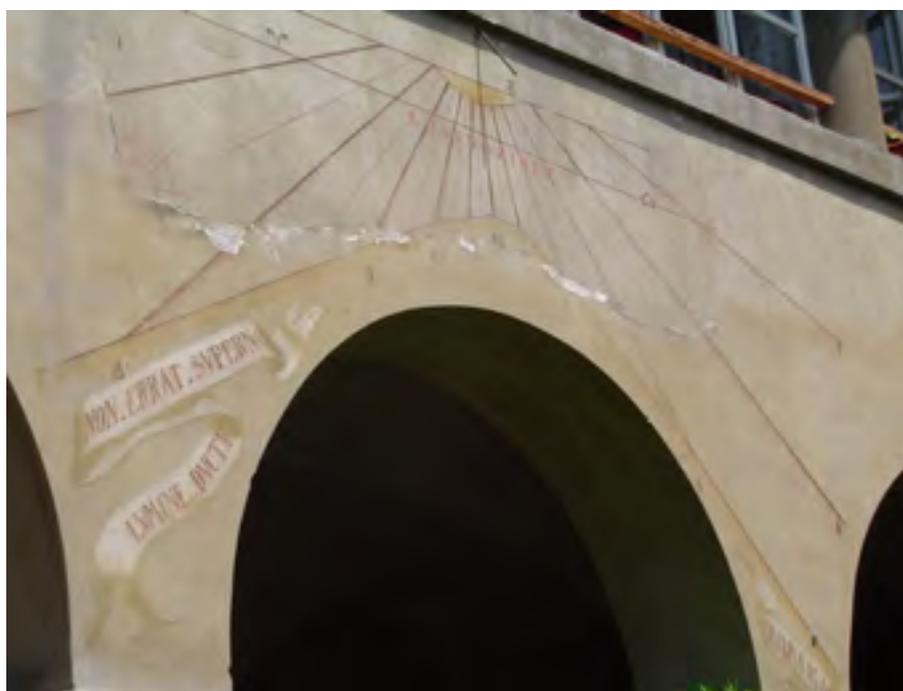


monto. Si riconoscono dal fatto che le linee orarie non convergono in un punto e presentano una linea orizzontale a destra del quadrante (l'ora 24 del tramonto) e le ore precedenti diventano mano a mano più verticali.

Ore francesi

Veniamo ora al quadrante ad ora Oltramontana, meglio conosciuto come orologio Francese, che indica l'ora così come la conosciamo oggi e, con i debiti aggiustamenti, come la misurano i nostri orologi da polso. La dizione "Astronomico" attribuita a certi tipi di quadrante francese deriva dalla applicazione in essi della notazione oraria simile a quella utilizzata dagli astronomi: le ore, analoghe alle oltramontane, vengono contate da 1 a 24 senza subire il troncamento ante e post meridiano (fig 3.19). In Italia, dove i quadranti Italici la facevano da padroni anche se ormai scomodi e anacronistici (Goethe se ne lamenta nel suo "Viaggio in Italia"), l'orologio oltramontano non ebbe una grande fortuna fino a quando non ne venne imposto l'uso da Napoleone con l'obbligo di costruire secondo tale sistema tutti i nuovi quadranti e di convertire quelli esistenti: fieri delle loro abitudini le popolazioni italiane se pur si dovettero adeguare alla nuova maniera di computo del tempo, aggirarono l'imposizione con la costruzione di quadranti misti Italico/Francesi.

Travagliato fu il cammino per giungere alla piena applicazione dell'ora



3.19 - L'orologio piano verticale ad ore francesi custodito nel chiostro di Santa Maria della Pace ad Alzano Lombardo vicino Bergamo, 2011.

francese; gli stessi orologi meccanici battevano dal 1309 ore italiche, per cui fu necessario condurre una lunga battaglia contro secolari usanze. Del 1749 è il primo tentativo, in Toscana, con una apposita legge per far regolare gli orologi alla francese, proseguito poi a Parma dove nel 1755 Filippo di Borbone Duca di Parma ne impone l'uso. La repubblica Ligure decreta l'istituzione dell'ora francese nel 1772 provocando però le accese rimostranze dei cittadini. Nel 1778 l'orologio pubblico di Ferrara inizia a battere ore medie e non più ore vere, ma resta un caso isolato e ben presto abbandonato, mentre nel resto d'Europa ciò avviene già da tempo. Il 13 agosto 1796 (26 Termidoro, anno 4°) per ordine del Generale Manneville gli orologi di Bologna vengono tutti regolati alla francese e, dopo la sconfitta di Marengo, nel 1802 anche in Piemonte viene adottata l'ora oltramontana: le leggi francesi vengono però abrogate nel 1814 alla Restaurazione seguita alla caduta di Napoleone. L'utilizzo si generalizzò solamente nella seconda metà del XIX secolo con l'istituzione di quadranti a Tempo Medio Locale (in Italia dal 1857); il 12 dicembre 1866 le Amministrazioni Ferroviarie, per i motivi che facilmente si possono intuire, adottarono l'ora riferita al Tempo Medio di Roma (Meridiano di Monte Mario).

Solo nel 1893 il Regno d'Italia adottò l'Ora Civile (Tempo Medio Europa Centrale) attualmente in uso, che vede il nostro paese compreso nel primo fuso orario ad est di Greenwich (Meridiano dell'Etna), dove vige il Tempo Medio dell'Europa Centrale.

Sono facilmente riconoscibili in quanto, oltre a rappresentare ormai una notevole percentuale dei quadranti esistenti, riportano un fascio di linee orarie che convergono alla base di uno stilo di solito polare (inclinato rispetto al piano di un angolo che risulta essere pari al complemento dell'angolo di latitudine locale, e pertanto parallelo all'asse terrestre). La loro lettura è molto semplice: se lo stilo è polare e se il quadrante ha funzione di solo orologio, l'indicazione oraria viene fornita dall'intero segmento d'ombra generato dal Sole, mentre se il quadrante deve adempiere anche ad altre funzioni (solstiziali, tempo medio, ...) esso sarà fornito di uno stilo normale, o lo stilo polare presenterà un indice che fungendo da estremità dell'ortostilo fornirà l'indicazione desiderata. L'indice può essere anche costituito da un piattello di varia foggia, nella maggior parte dei casi forato (foro gnomico): la macchia luminosa generata dal foro, che sostituisce in questo caso la punta dello stilo normale, percorrendo le linee orarie indica l'ora. Tale sistema orario è quello di attuazione più recente che necessariamente prevede ore sempre sincronizzate con il mezzogiorno locale e di durata costante durante l'intero anno. Oltre alla sopracitata suddivisione in

24 ore si inizia il conteggio delle ore dalla mezzanotte e facendo coincidere il mezzogiorno con le ore 12 del sistema.

Essendo le ore moderne scandite dal moto apparente del Sole, a causa dei fenomeni dell'equazione del tempo, la loro lunghezza non è perfettamente costante. Le ore moderne sono anche indicate come ore vere distinguendole da quelle medie dalle quali sono differenziate dall'equazione del tempo.

Un orologio solare ad ore francesi si riconosce per il fatto che le linee orarie convergono tutte in un unico punto (che coincide con la base dello stilo polare o assostilo).

3.5 Tipologie e classificazione degli orologi solari.

Se classifichiamo in base ai criteri costruttivi, distinguiamo orologi :

A quadrante ad anello: si tratta di un tipo particolare di quadrante di altezza (cilindrico ad asse orizzontale), le cui origini risalgono all'epoca romana, è composto essenzialmente da una fascia metallica di pochi millimetri di larghezza piegata ad anello. Sulla superficie interna è riportata la scala oraria. Sulla superficie esterna scorre un secondo sottile anello, adattabile alla data, su cui è ricavato un piccolo foro. Il raggio solare passante attraverso il foro colpisce con un bollo di luce la scala oraria dell'orologio, indicando così l'ora. Anch'esso è un orologio d'altezza ed è costruito per il luogo dove viene utilizzato.

A quadrante conico o cilindrico cavo: sono orologi in cui il quadrante che riceve l'ombra dello gnomone è un tronco di cono o un cilindro. Il disegno del quadrante solare lungo la superficie di queste superfici si presenta come un problema di intersezione tra superfici quadriche reali e luminose. Ad esempio, la linea diurna del quadrante solare che misura il tempo alla data del 22 dicembre, si ottiene dall'intersezione tra il cono dell'orologio solare e quello luminoso, avente vertice nella punta dello gnomone e direttrice piana coincidente con la circonferenza descritta, sulla sfera celeste, dal moto apparente diurno dell'Astro al solstizio di inverno; tale curva individua il limite superiore del quadrante lungo il quale cadranno le ombre 'più corte' portate annualmente dallo gnomone. Il limite inferiore è invece definito attraverso l'individuazione della curva diurna corrispondente al solstizio d'estate che, con un analogo processo geometrico di intersezione tra il quadrante e il cono luminoso avente direttrice coincidente con il circolo diurno percorso dal Sole il 21 giugno, risulta la curva che l'ombra dello

3.20 - Un orologio ad anello. Sulla destra dell'anello più grande è visibile il punto di sospensione dell'orologio variabile con la latitudine locale, 2011.



gnomone raggiunge nella sua maggiore estensione. Per quanto riguarda le linee orarie, l'individuazione si determina mediante sezioni del quadrante con i piani nei quali giacciono le circonferenze tracciate dall'unione, sulla sfera celeste, dei punti nei quali il sole segna la medesima ora in diversi giorni dell'anno; a differenza di un più tradizionale orologio solare piano, le linee orarie sono rami di coniche diverse in funzione dell'inclinazione che il piano luminoso determina con le generatrici del cono-quadrante. Nel caso specifico del quadrante cilindrico cavo, le linee orarie possono essere solo archi di ellisse. La semplice metodologia geometrica approntata ha inoltre permesso di mettere in relazione i quadranti solari conici con quelli più tradizionalmente disposti lungo superfici piane, fornendo così un interessante spunto di esercitazione didattica, con l'aggiunta su ciascun orologio, di un ulteriore quadrante piano avente anch'esso uno gnomone fisso che viene esposto ai raggi solari contemporaneamente a quello della superficie cava sottostante, realizzando dunque una doppia lettura dell'ora. Dal punto di vista prettamente geometrico, il quadrante orizzontale non declinante è stato disegnato sulla base di una nuova sfera celeste, avente centro questa volta nella punta del secondo gnomone verticale.

Un esempio abbastanza singolare è l'orologio del pastore (3.21), dispositivo portatile molto usato nel passato dai guardiani di armenti. E' detto anche 'cilindro solare' e tale nome deriva dal fatto che il suo quadrante è costituito proprio dalla superficie di un cilindro verticale a direttrice circolare. La principale differenza con gli altri orologi solari, consiste nel modo in cui viene effettuata la lettura del tempo. Solitamente gli orologi hanno uno gnomone fisso e l'ora viene misurata in base al punto sul quadrante in cui si proietta l'ombra della punta. Nell'orologio del pastore, invece, lo gnomone è mobile e va opportunamente posizionato in funzione della data in cui si vuole effettuare la lettura. Per tale motivo, la fascia superiore del cilindro è suddivisa in dodici parti, corrispondenti ai mesi dell'anno, e ogni mese può ulteriormente essere suddiviso nei vari giorni che lo compongono (anche se per semplicità abbiamo preferito individuare solo le decadi). Per leggere l'ora è necessario ruotare il cilindro (insieme allo gnomone che resta orizzontale e solidale all'orologio) intorno al proprio asse (che va mantenuto verticale) finché l'asta gnomonica non genera sul quadrante un'ombra verticale. La posizione del 'punto ombra' prodotto dal vertice dello gnomone indicherà l'ora esatta. Nel modello virtuale 3d, dopo aver ripartito la circonferenza del cilindro nel numero di parti corrispondenti ai giorni o alle decadi nelle quali si intende suddividere il calendario annuo, per disegnare le linee orarie è stato necessario procedere ,giorno per gior-

3.21 - Orologi del pastore risalenti al XX secolo, 2011.



no, collocando ogni volta lo gnomone nella posizione corretta all'interno della sfera celeste, debitamente orientata. La lunghezza delle ombre dello gnomone (e di conseguenza la lettura dell'orologio) è funzione dell'altezza del sole sull'orizzonte e, poiché nella nostra semplificazione geometrica della sfera celeste il Sole percorre ogni giorno un'orbita circolare simmetrica rispetto al piano verticale che passa per il mezzogiorno e per il centro della sfera, ciascuna linea oraria (tranne quella delle ore 12,00) corrisponde a due diversi momenti del giorno (6,00-18,00; 7,00-17,00; 8,00-16,00; 9,00-15,00; 10,00-14,00; 11,00-13,00). Per individuare il 'punto ombra' di una determinata ora è necessario ruotare il cilindro finché non si verifica la complanarità tra l'asse gnomonico e il punto sulla sfera celeste in cui si trova il Sole. Questo allineamento fa sì che, in fase di lettura, l'ombra risulti perfettamente verticale. Sviluppando la superficie rigata del quadrante sul quale sono stati uniti, con curve gobbe, i 'punti ombra' precedentemente determinati, si ottiene un rettangolo costituito da linee orarie ad andamento sinusoidale (avente periodo pari ad un anno) e linee diurne verticali (equidistanti tra loro) che rendono ancora più agevole la lettura.

A quadrante verticale (vedi fig 3.19): è ricavato su superfici che giacciono sul piano verticale, perpendicolari al piano dell'orizzonte. La linea orizzontale passa sempre per il piede dello stilo ed interseca la meridiana sempre ad angolo retto.¹³L'ultima parte di questo capitolo è interamente dedicata al progetto di un orologio solare piano per il campanile della Chiesa di Santa Maria della Neve a Ponticelli in cui la parete che ospita il quadrante ha la peculiarità di essere declinante e l'ombra viene generata da un ortostilo.

A quadrante analemmatico (fig 3.20): sono quadranti di direzione a stilo verticale che può essere spostato su un apposito casellario in relazione alla data. Non ha importanza la lunghezza dello stilo, che può essere costituito dalla stessa persona umana. La sequenza delle ore è riportata su un tracciato ellittico opportunamente costruito. ; il suo funzionamento è calcolato in base alla misura angolare dell'azimut del Sole. Questo tipo di orologio semplifica notevolmente la lettura di un quadrante orizzontale perché l'ombra non è segnalata dalla sola punta dello gnomone ma si diparte dalla sua base: l'effetto è suggestivo per la somiglianza della variabile proiezione umbratile con quella di una lancetta che ruota al passare del tempo. Tuttavia l'orologio solare analemmatico misura solo le ore ma non funge da calendario, in quanto lo stilo è mobile lungo l'asse minore dell'ellisse, dove sono segnate le posizioni precise che questo deve assumere nel corso dell'anno, la cui data deve essere preventivamente nota. L'orologio analemmatico si presta molto bene a essere disegnato sulla pavimentazione

3.20 - Orologio solare analemmatico realizzato nella pavimentazione di una piazza a Chatillon in Valle d'Aosta, 2011.



di piazze e cortili poiché è assente l'ingombro dello gnomone fisso e può essere sostituito dal corpo di una persona che assuma correttamente la posizione corrispondente alla data in cui si effettua la lettura del tempo. Il termine 'analematico' deriva da 'analemma', nome con il quale gli astronomi greci e latini definivano le proiezioni ortografiche della sfera: in particolare, l'ellisse che perimetra il quadrante analematico coincide con la proiezione ortogonale, sul piano dell'equatore celeste, della circonferenza diurna percorsa dal Sole durante i due equinozi. Essendo tale curva un cerchio massimo della sfera celeste, l'asse maggiore dell'ellisse analematica coincide con il diametro della circonferenza stessa, mentre l'asse minore è funzione dell'inclinazione del piano equinoziale e dunque dipende dalla latitudine del luogo. Il disegno del quadrante è stato affrontato da un punto di vista assolutamente spaziale, effettuando la proiezione ortogonale sull'equatore celeste del circolo equinoziale, già suddiviso nelle 24 ore, in particolare di quei punti che segnano le ore notturne che si trovano al di sotto dell'equatore, con l'originale coincidenza tra il mezzogiorno del quadrante e la proiezione ortografica del punto che segna la mezzanotte lungo la circonferenza degli equinozi. La scala delle date è stata invece determinata individuando, in base all'angolo di declinazione del Sole, le circonferenze corrispondenti al 21 di ciascun mese; per ciascuna ora di tali curve sono stati tracciati i rispettivi piani verticali, passanti per la proiezione ortografica della posizione del Sole e per il punto che segna la medesima ora lungo l'ellisse analematica disegnata in precedenza. La traccia orizzontale di tali piani forma sull'equatore celeste un fascio di rette aventi il centro lungo l'asse minore dell'ellisse, in corrispondenza del quale lo gnomone mobile deve collocarsi per ottenere che l'ombra parta esattamente dalla sua base.

Meridiana a camera oscura (fig. 3.21): esso simula attraverso un modellino virtuale le proiezioni sul pavimento delle ellissi luminose generate dai raggi entranti al mezzodì nel foro gnomonico.

La *maquette* reale in scala che da esso si deduce può costituire un ottimo modello didattico-esplicativo del fenomeno luminoso in atto, in particolar modo utile per quelle antiche meridiane purtroppo non visitabili dal pubblico per problematiche connesse alla conservazione e al degrado, come nel caso della linea meridiana di Rocco Bova di Scilla nel Quarto del Priore nella Certosa di San Martino a Napoli.

A rifrazione (fig. 3.22): funzionano in vasi riempiti di acqua, sfruttando la rifrazione dei raggi solari.

Le linee di declinazione relative ai solstizi dell'orologio mediceo, che in un

3.21 - Meridiana a camera oscura nella Certosa di San Martino a Napoli, 2012.

3.22 - Singolare orologio solare a rifrazione già documentato negli Inventari Medicei del 1574.



normale emisfero sono equidistanti tra loro, non lo sono in questo caso: per tenere conto della rifrazione dell'ombra dello gnomone nell'acqua, il tropico del capricorno è molto più vicino alla linea equinoziale che non al tropico del cancro con una differenza di almeno 4 gradi. Così la linea equinoziale interseca la linea meridiana ad una altezza di 32 gradi. Sono questi gli "effetti" della rifrazione in un orologio costruito per la latitudine di $43^{\circ} 30'$ che è quella approssimativamente di Firenze ed Urbino. Lo gnomone, che è generalmente parallelo all'asse terrestre ed è perpendicolare al piano equinoziale, in questo caso risulta essere perpendicolare al piano equinoziale rifratto (32°), come si può vedere dalla figura dell'articolo di Camerota.

A quadrante catottrico (fig. 3.23). Sono orologi solari a riflessione in cui lo gnomone coincide con il centro di uno specchio, generalmente orizzontale, disposto sul davanzale di una finestra o sulle catene di acciaio usate per l'irrigidimento delle volte. Sullo specchio incidono i raggi solari che vengono poi riflessi fino alla superficie del soffitto, o della volta, lungo la quale avviene la lettura del tempo mediante un 'punto di luce', che rappresenta l'intersezione della superficie di copertura con il raggio riflesso. In virtù dell'uguaglianza tra l'angolo di incidenza e quello di riflessione dei raggi solari che colpiscono lo specchio, è stato possibile anche qui adottare il metodo geometrico dei coni di luce descritto in precedenza, mediante la costruzione di una 'sfera celeste virtuale', ovvero quella ortogonalmente simmetrica rispetto al piano dell'equatore celeste, che individua la posizione di un 'astro virtuale' nel prolungamento del raggio incidente, così da ottenere ancora un processo proiettivo diretto della luce, del tutto coincidente con il fenomeno catottrico in atto.

Il terzo capitolo tratta in maniera approfondita lo studio di due orologi solari catottrici rinvenuti in un chiostro francescano ad Alzano Lombardo. A causa di una cattiva manutenzione degli spazi del complesso, dovuta anche a reiterati periodi di abbandono, i due orologi hanno perso lo specchietto riflettente la cui posizione è stata ipotizzata grazie allo studio che verrà esplicitato nel suddetto capitolo.

3.23 - Orologio catottrico nel chiostro di San Cristo a Brescia, 2011.



3.6 Progetto di un orologio solare piano verticale per la Chiesa di Santa Maria della Neve a Ponticelli.

Le prime fonti storiche risalenti alla Chiesa di S.Maria della Pace di Ponticelli sono databili intorno al 1599, data in cui il complesso si presenta con

un impianto a due navate «una maggiore con soffitto piano ed una minore, sulla sinistra, costruita “Ex opera fornicato”, a fornice»¹⁴ (fig. 3.24).

Già in questo periodo la Chiesa è affiancata una torre campanaria, con un orologio e due campane oltre a una sagrestia.

Già nel 1608 la Chiesa si compone di ben undici altari, mentre nella metà del 1700 iniziano i primi lavori di ampliamento dove l'atto d'appalto descrive così la tipologia dell'intervento: «...dalla parte sinistra in che si entra in detta chiesa fare cinque cappelle sfondate coll'altare in dentro nell'ultimo delle medesime a laterale dell'altare maggiore e propriamente dove primo loco abitava il Rev.Do Parroco di essa chiesa, un cappellone di quella grandezza e larghezza che riusciva, e così al lato destro dell'altare maggiore, e propriamente dove al presente sta la sagrestia, fatto avessero un cappellone in conformità dell'antedetto, ed accomodare, e ristaurare le altre seguenti cinque cappelle a similitudine dell'antedetto, e fare la sacrestia di nuova pianta di maggiore lunghezza e larghezza di palmi 21, e smantellare la lamia sopra detto altare ed il muro, e farlo di nuovo più indietro con alzare l'arco maggiore che sta sopra di esso altare, e fare detta nova la mia a modo di scutella, e ponere tutte le suddette cappelle in stucco, e fare tutto l'altro bisognevole...».¹⁵

L'elemento più importante del nuovo ampliamento è l'accresciuta volumetria, con la creazione della nuova navata atta a una riconsiderazione pro-



3.24 - La chiesa di Santa Maria della Neve a Ponticelli (NA) dopo gli interventi di restauro della facciata, 2013.

gettuale globale, pur nella conservazione della preesistente fabbrica. Risale al 1813 una panoramica generale sullo stato generale in cui versa la Chiesa è rintracciabile in una *Descrizione superficiale della venerabile parrocchiale chiesa di Santa Maria della Neve di Ponticello* ad opera del Parroco Borrelli e del sindaco Riccardo che annota le configurazioni spaziali del complesso con la seguente descrizione: «Tiene questa chiesa tre aperture verso mezzo giorno con prospetto di stucco bianco [...] a fianco della porta piccola a mano dritta vi è un campanile fatto di pianta nell'anno 1775 a spesa del Comune [...] Viene esposta tutta la chiesa in tre navi cioè una grande, e due piccole siccome ha tre porte una grande e due piccole. La prima nave grande ha il suo pavimento di mattoni fino alli gradini del presbiterio, ed al di sopra viene coperto dal tetto coll'intersuolo di legno pittato col quadro in mezzo esprimendo il titolo della medesima in fine della nave grande appoggiata in quattro archi vi è una grande cupola di stucco bianco sotto cui è situato l'altare maggiore [...] Dalla porta piccola a man destra a costo al Campanile predetto si sporge una nave di chiesa con cupolette fatte a lammia sobia, coperta d'astroco al di sopra, nella prima cupoletta vi è il fonte battesimale di marmo, da dove per nun apertura si entra nel campanile...[...].¹⁶

A causa del successivo crollo del campanile il primo architetto incaricato per ricostruirlo fu Antonio Niccolini che fu presto sostituito da Bernardo Papa, il la cui proposta fu approvata in consiglio comunale l'8 marzo 1857 sebbene il progetto definitivo realizzato fu quello dell'architetto Filippo Botta.

Quest'ultimo diresse nel 1860 i lavori di restauro conferendo alla chiesa l'attuale volumetria e arricchendo l'interno di fastosi stucchi neoclassici. Furono preparati i progetti per l'adeguamento stradale, la riparazione della scalinata della Chiesa e ripristino della facciata e del campanile; quest'ultimo, gravemente segnato dai bombardamenti bellici, fu restaurato per opera del Parroco, Don Biagio, nel 1957.

Tale intervento interessò la base ottagonale della sommità del campanile, con l'infelice sostituzione di una transenna con parapetto traforato in sottile struttura muraria, di elegante disegno e accurata fattura, arricchita agli spigoli da piccoli pennacoli sormontati da sferette metalliche con l'attuale lamiera metallica.

Di recente l'edificio è stato interessato da lavori massicci di rifacimento della facciata principale che l'hanno portata ad assumere l'odierna conformazione, a struttura muraria intonacata e dipinta, contiene elementi architettonici e decorativi di stile neoclassico, che risulta è divisa in tre zone: quella centrale, costituita da due grosse colonne di muratura into-

nacate, con capitelli in stucco con volute di stile composito e le laterali, di minore altezza rispetto a quella centrale, divise da colonne, poggianti su piedistalli rivestiti di spesse lastre di pietra vesuviana che reggono un timpano decorato con mensole in aggetto rispetto alla parete di fondo. La facciata presenta tre vani porta, contornati da stipiti in piperno: quella centrale esibisce una cimasa di coronamento con due volute, sormontata da un piccolo rosone, mentre le porte laterali hanno, superiormente all'architrave, ognuna una finestra semicircolare. Tutte le porte sono rivestite di lamiera e quella centrale ha sovrapposte decorazioni, sempre metalliche. L'interno della chiesa è diviso in tre navate da due filari di pilastri che determinano cinque varchi per lato. Sui pilastri in muratura risaltano le lesene, con capitelli compositi a stucco, e le basi modanate in marmo bianco. Superiormente corre una trabeazione in stucco su cui s'impone la volta a botte, decorata a riquadri e rosoni in bassorilievo. L'intradosso è decorato in stucco a rilievo; alla base dei pilastri corre una zoccolatura di lastre di marmo bianco e bardiglio, usato anche per pavimentare l'intera superficie della chiesa con un motivo geometrico alternato a lastre di marmo bianco. Accanto alla facciata si erge l'alto campanile, nella forma assunta dopo la ricostruzione del 1860, in struttura muraria e ricoperto da intonaco con elementi decorativi ed architettonici in stucco.

E' costituito da una parte inferiore a pianta quadrata, da un livello superiore, alla quota di 25 m, che imposta su pianta ottagonale (fig. 3.25). La parte quadrangolare è divisa in tre fasce sovrapposte: quella di base ha grosse bugne, che si elevano su un basamento rivestito di lastre di pietra vesuviana mentre la seconda e la terza hanno fondali ad imitazione di muratura di mattoni, cornici divisorie e di coronamento e bugne limitatamente agli spigoli. Il centro della fascia intermedia è occupato da un tondo in marmo bianco, del diametro di 1,80 m, in cui originariamente era posto lo strumento dedito alla misurazione del tempo. Il tondo posto sulla parete a sud-est è occupato attualmente un orologio meccanico di recente costruzione. Nella parete sud-ovest è stato invece collocato l'orologio solare verticale ad ortostilo di cui successivamente verranno descritte le diverse fasi, dalla genesi progettuale fino alla sua messa in opera, progettato nell'ambito del presente lavoro di ricerca come sperimentazione e verifica del metodo geometrico adottato.

Dopo una fase di ricerca e di rilievo è stato possibile avere una visione globale dell'intero complesso architettonico della Chiesa dedicata a Santa Maria della Neve presso Ponticelli. Tale approccio con la fabbrica ha permesso di delineare le operazioni necessarie per il progetto dall'orologio

3.25 - Il campanile della Chiesa di Santa Maria della Neve a Ponticelli (NA).



solare sulla facciata principale del campanile posta a sud-ovest. La parete su cui è stato inserito l'orologio verticale non è orientata a nord-sud, come descritto poc'anzi, ma è declinante rispetto ad esso di $70^{\circ}56'$; questo orientamento ha generato delle linee dell'orologio non simmetriche rispetto alla retta oraria del mezzogiorno, per cui agli occhi dell'osservatore, le linee costituenti il quadro dell'orologio tendono a disporsi verso la parte sinistra del quadrante.

Per poter costruire le linee fondamentali è stato necessario disegnare il modello geometrico della sfera celeste per la latitudine di Ponticelli, che è pari a $40^{\circ}50'$ Nord.

Il modello geometrico così ottenuto è stato inserito nel disegno tridimensionale del campanile, ponendo la sfera celeste con il centro coincidente con la punta dello gnomone, progettato come un'ortostilo metallico di cinquanta centimetri di aggetto rispetto alla superficie marmorea.

Per il progetto del quadrante dell'orologio verticale ci si è avvalsi del metodo dei coni di luce: tale metodologia è la stessa che verrà applicata anche successivamente per studiare gli orologi solari presenti nel chiostro di Santa Maria della Pace ad Alzano Lombardo, come sarà ampiamente descritto nel capitolo successivo.

Il Sole, nel suo moto apparente geocentrico, percorre traiettorie diurne che descrivono archi di circonferenza tra loro sempre paralleli. Il percorso del Sole coincide con un cerchio massimo (circonferenza di diametro massimo avente il centro coincidente con quello della sfera) nei giorni dei due degli equinozi, caratterizzati da una uguale distribuzione delle ore di luce con le ore di oscurità (nella fig. 3.26 indicata con la circonferenza di colore arancione).

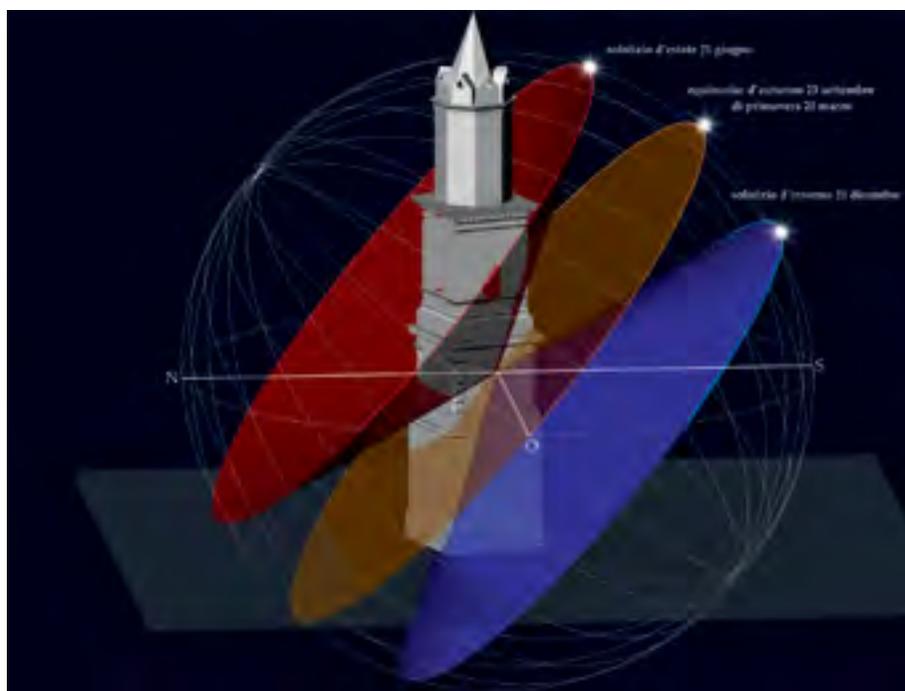
Le altre due traiettorie notevoli sono quelle che il Sole percorre durante il solstizio d'estate (21 giugno, indicata con il colore rosso) ed il solstizio d'inverno (22 dicembre, denotata con il colore azzurro). Tali circonferenze possono essere considerate come le curve direttrici di un cono di luce retto, la cui superficie risulta descritta dalla stella di raggi luminosi, aventi come centro la punta dello gnomone, come viene ampiamente descritto dal professor Migliari nel suo *Dieci Lezioni di Geometria Descrittiva (1984)*.

Tale cono può essere alternativamente diviso in due porzioni di superficie aventi la medesima geometria ma caratteristiche di luminosità esattamente opposte: a parte di superficie compresa tra la direttrice circolare, ad esempio coincidente con il solstizio d'inverno, e il vertice del cono coincidente con la punta dello gnomone, può essere definita 'cono di luce', in quanto composta dall'insieme di quei raggi che collegano l'estremo dello stilo con

le infinite posizioni assunte dal Sole sulla sfera celeste durante il giorno in questione. E' opportuno invece differenziare la seconda falda della suddetta superficie, definibile come 'cono d'ombra', che coincide con le semirette che, a partire dallo gnomone, proiettano ombra fino ad intersecare la superficie del quadrante.

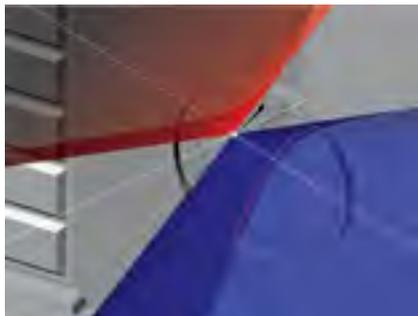
Data l'assoluta simmetria ortogonale, rispetto al piano degli equinozi, delle due curve solstiziali sulla sfera celeste, possiamo definire 'cono di luce' il 21 giugno quella porzione di superficie rigata avente la direttrice coincidente con la circonferenza del solstizio d'estate e il vertice nella punta dello gnomone, mentre il 'cono d'ombra' si identifica con la seconda falda, dal vertice fino all'intersezione con il piano verticale dell'orologio.

Il nostro quadrante verticale seziona dunque i coni d'ombra generando curve diurne iperboliche in corrispondenza dei due solstizi, ma altrettanto accadrà in corrispondenza di qualsiasi altra data dell'anno, ad eccezione dei due equinozi, quando il cono si riduce a un piano passante per il centro della sfera e dunque seziona l'orologio secondo una retta.



3.26 - Il moto apparente del Sole nei quattro giorni principali dell'anno.

3.27 - 3.29 I coni di luce ed i coni d'ombra nel modello virtuale del campanile nei giorni di solstizio d'estate, d'inverno e nei giorni di equinozio di primavera e d'autunno.



Così come mostra la figura 3.27 nel giorno del solstizio d'estate il cono di luce in rosso genera un cono d'ombra (colore blu) a partire dal vertice dello gnomone G che si interseca con il tondo marmoreo originando l'iperbole contrassegnata (colore arancio).

Viceversa nel giorno del solstizio d'inverno (22 dicembre) il sole possiede una declinazione negativa per cui la sua altezza rispetto i mesi estivi è inferiore, così come mostra lo schema sottostante il cono di luce in rosso genera un cono luce che intersecandosi con il quadrante genera l'iperbole contrassegnata in arancio.

La circonferenza massima (rosa) che il Sole nel suo moto apparente percorre nelle date dei due solstizi interseca il tondo generando una linea (color arancio) così come viene evidenziato nella figura 3.28.

E' stato così possibile disegnare sul quadrante le tre curve principali che delimitano la regione del quadrante entro cui si muove l'ombra generata dallo gnomone. Nello schema sottostante le tre curve contraddistinte da tre colori diversi: in rosso l'iperbole che identifica il movimento del Sole nel giorno del solstizio d'inverno, quando l'Astro entra nella costellazione del Capricorno, così come sottolineato dalla presenza del simbolo che contraddistingue il segno astrologico. L'iperbole blu, invece, segna l'entrata del Sole nella costellazione del Cancro, e coincide con il giorno del solstizio d'estate.

In arancione invece è stata denotata la curva che identifica la linea equinoziale: l'ombra dello gnomone nei giorni del 21 marzo e del 23 settembre, rispettivamente equinozio di primavera e di autunno, percorrerà tale retta e astronomicamente segnerà l'entrata nella costellazione dell'ariete il 21 marzo (simbolo arancione in basso) e nella costellazione della bilancia il 23 settembre (simbolo arancione in alto).

Trasversalmente a queste curve fondamentali sono state inserite curve orarie generate dall'intersezione dei singoli cerchi orari con il quadro.

Lo schema sottostante mostra i 24 cerchi orari costituenti la sfera celeste. In rosso il cerchio orario delle ore 12.

La figura successiva mette in evidenza i piani passanti per quei cerchi orari, ad intersecare il quadrante, la cui parete si presenta fortemente declinante rispetto all'asse Nord-Sud: ciò accade solo per le curve orarie che vanno dalle ore 13.00 alle ore 19.00 (fig 3.30). E' in questo arco di tempo che l'orologio risulta in funzione e riesce tramite la sua ombra a conteggiare lo scorrere del tempo.

L'immagine 3.31 illustra il processo di intersezione del piano passante per un cerchio orario preso come riferimento (quello delle ore 16.00) con il

quadrante dell'orologio. Il frutto di tale intersezione è la retta oraria, denotata sul quadrante con il numero romano XVI, che identifica il percorso annuale del Sole nell'ora presa come riferimento.

L'orologio risulta così composto sette linee orarie, che si dispongono in successione e che misurano il tempo dall'ora XIII all'ora XIX (fig. 3.32). E' necessario precisare che l'orologio misura le ore solari e non quelle purtroppo erroneamente, chiamate *legali*¹⁷ per cui, nel periodo estivo, è necessario operare la necessaria conversione, aggiungendo una ora in più rispetto a quella letta dall'ombra sul quadrante. Per completare la decorazione dell'orologio, in accordo con il parroco della Chiesa Don Ciro Cocozza, è stato scelto un motto dedicato alla figura della Madonna. Esso canta in questo modo :” ETIAM SINE SOLE MARIAE LAUDES CANTABO” (trad. anche senza il sole canterò lodi a Maria) (fig. 3.33).

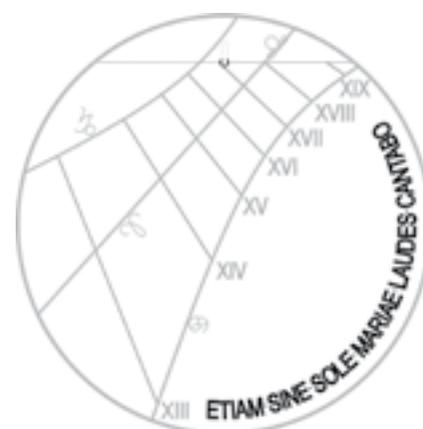


3.30 - I Circoli orari che intersecano il quadrante dell'orologio progettato.

3.31 - Processo di intersezione del piano passante per il circolo orario delle ore 16.00 con il quadrante dell'orologio.

3.32 - Prospetto del quadrante dell'orologio.

3.33 - L'orologio solare progettato sulla parete verticale del campanile.





Il quadrante dell'orologio è stato ricavato da un blocco di marmo di forma quadrata, di lato pari a 2m e dello spessore di 5 cm. Per ricavare il riferimento su cui poi il pantografo inciderà le curve orarie e diurne è stato necessario disegnare la circonferenza del quadrante (fig 3.34). Quest'ultima, il cui diametro è di 1,8 m, è stata collocata in un sistema di riferimento cartesiano i cui assi delle ascisse e delle ordinate coincidessero con due lati del quadrato di marmo (fig. 3.35).



Grazie a computer collegato direttamente con il pantografo è stato possibile ottenere il disegno vettoriale delle curve, che successivamente sono state incise dallo strumento (fig 3.36).

L'orologio è stato inaugurato il giorno 5 gennaio 2013 (3.37).



3.34 - Il pantografo che incide le curve orarie sul disco di marmo.

3.35 - Il disco di marmo ricavato con le curve orarie.

3.36 - Messa in opera del quadrante sulla parete del campanile della Chiesa.

3.37 - Inaugurazione dell'orologio (5 gennaio 2013).



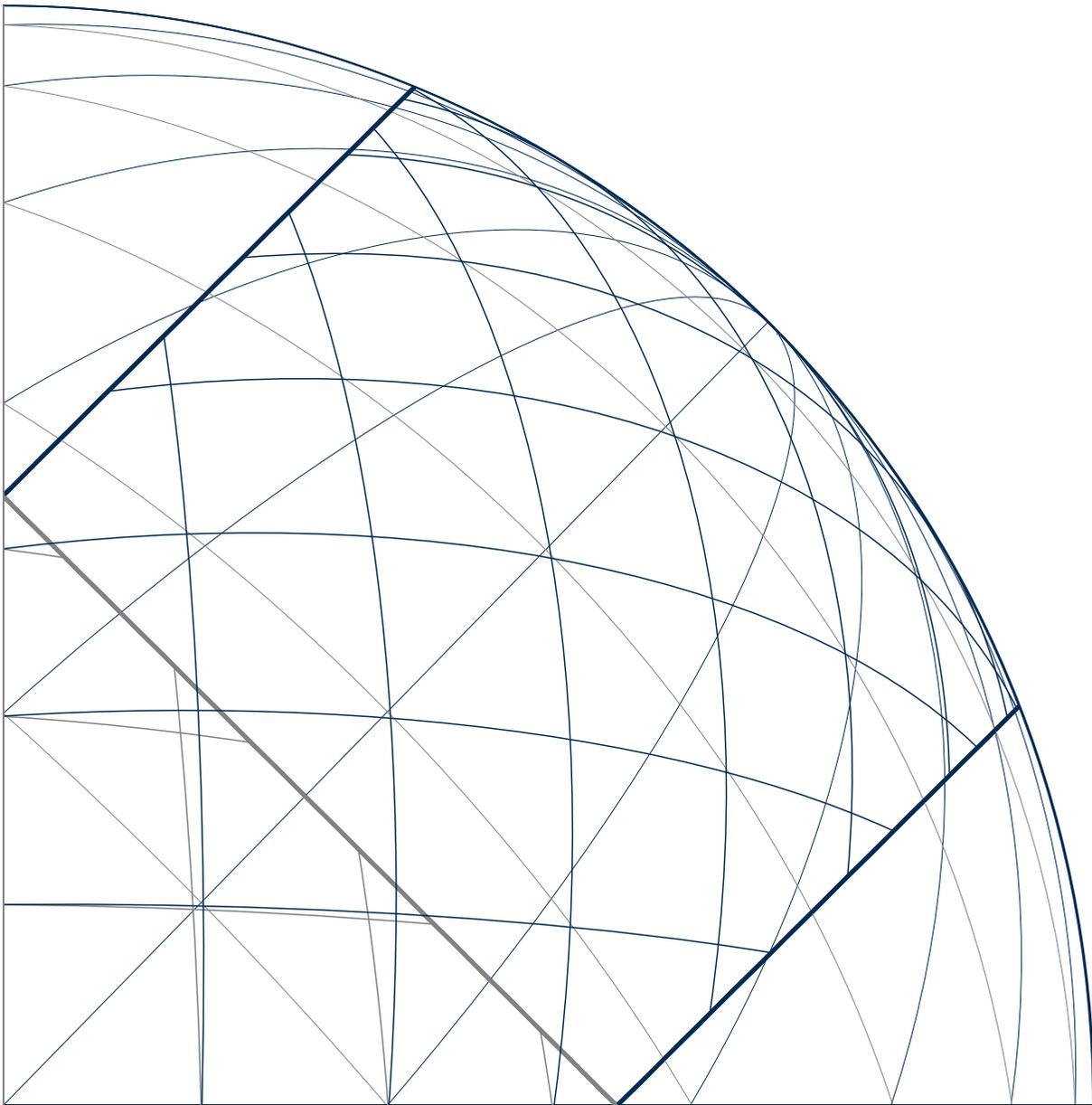
Note

- ¹ J. Martineau , *Armonie e geometrie nel sistema solare*, Diegaro di Cesena, Macro, 2003.
- ² B. McLeod, *Sistema solare*, Santarcangelo di Romagna, RusconiLibri, 2004.
- ³ V. Schiaparelli , *Scritti sulla storia della astronomia antica* (3 tomi), Bologna. Ristampa: Milano, Mimesis, 1997.
- ⁴ T. Heath, *Aristarchus of Samos - The Ancient Copernicus, A history of Greek astronomy to Aristarchus* . Oxford, Clarendon, 1913; rist. New York, Dover, 1981.
- ⁵ J. Dreyer , *Storia dell'astronomia da Talete a Keplero*, Feltrinelli, Milano, 2000
- ⁶ Rossi Paolo, *La nascita della scienza moderna in Europa*, Laterza, Bari,1997.
- ⁷ J. Ephraim, *Le nuove età di Gaia*. Bollati Boringhieri ,Torino, 1991
- ⁸ D. Sobel, *Longitudine*, traduzione di Gianna Lonza e Olivia Crosio, Rizzoli,Milano, , 1999.
- ⁹ R. Migliari., *Dieci lezioni di geometria descrittiva - la teoria delle ombre e del chiaroscuro - il modello geometrico del moto apparente del sole*, nella collana dei Quaderni di Applicazioni della Geometria Descrittiva, di O. Fasolo ed R. Migliari, n.3, Roma, 1984.
- ¹⁰ F. Flora, *Astronomia Nautica* (navigazione Astronomica), Hoepli Editore, Milano, 1987.
- ¹¹ P. Tempesti, *Il calendario e l'orologio*, Gremese Editore, Roma, 2006.
- ¹² Migliari R., *Dieci lezioni di geometria descrittiva....Ibidem*
- ¹³ Progetto di un orologio solare piano verticale per la Chiesa di Santa Maria della Neve a Ponticelli a cura di A.Pagliano e S.Perrucci (2012).
- ¹⁴ A. Illibato cura di, *Liber visitationes Francesco Carafa nella diocesi di Napoli*, Roma, 1983.
- ¹⁵ N. Franciosa, *Santuario- Basilica S. Maria della Neve Ponticelli*, Rusconi, 1994, Napoli.
- ¹⁶ *Descrizione superficiale della venerabile parrocchiale chiesa di Santa Maria della Neve di Ponticello* ad opera del Parroco Borrelli e del sindaco Riccardo, sotto richiesta dell' Intendenza della provincia di Napoli. “ 1813, Archivio storico Chiesa S. Maria della Neve ,Ponticelli.
- ¹⁷ *L'ora legale* è la convenzione di avanzare di un'ora le lancette degli orologi durante il periodo estivo, in modo da prolungare la luce solare nel tardo pomeriggio a scapito del primo mattino. Quando il Sole passa su un meridiano, gli orologi dovrebbero segnare mezzogiorno; ma, in questo modo, in località vicine su meridiani differenti gli orologi indicherebbero ore diverse. Per unificare l'ora segnata dagli orologi di regioni vicine, la Terra è stata suddivisa in 24 spicchi, detti “fusi orari”, delimitati da meridiani distanti 15° l'uno dall'altro. All'interno di ogni fuso, tutti gli orologi devono segnare “per legge” la stessa ora, che perciò dovrebbe essere detta “legale”. In Italia siamo soliti definire legale l'ora anticipata, introdotta per motivi economici nel periodo estivo, e di chiamare solare quella usata per il resto dell'anno, con riferimento al fuso orario in cui giace l'Italia. Le dizioni corrette sono rispettivamente “ora legale estiva” e “ora legale invernale”. Nel sistema dei fusi orari si assume come fondamentale il meridiano di Greenwich; quando è mezzogiorno in tale località, sul suo

antimeridiano è mezzanotte. Ma mentre un dato giorno sta per concludersi nelle località che si trovano a Est di Greenwich, è appena iniziato per le località a Ovest. Una linea che si trova sul mare, ma è tracciata per quanto possibile in corrispondenza dell'antimeridiano di Greenwich, è chiamata "linea del cambiamento di data"; quando la si oltrepassa andando verso il Sole (cioè verso Est) è necessario riportare indietro di un giorno la data. Passandola in direzione opposta si deve portarla avanti di un giorno. Nei paesi dell'Unione Europea l'ora legale inizia l'ultima domenica di marzo e termina l'ultima domenica di ottobre.

PARTE TERZA

GLI OROLOGI SOLARI DI ALZANO LOMBARDO



Gli orologi catottrici di fra Domenico

4.1 Il chiostro di Santa Maria della Pace di Alzano Lombardo tra decadenza ed antichi splendori.

Il primo impianto del complesso monastico francescano è databile intorno al 1470, come si legge da un affresco che ridisegna l'impianto primigenio della Chiesa, con il convento annesso, ritrovato nel chiostro dell'ex convento di S. Giuseppe (fig 4.1).

Ad un primo florido periodo, caratterizzato da una vita monastica fiorente, successe un fase di decadenza le cui motivazioni sono da ricercarsi nell'incapacità della Chiesa di mettere un freno agli sfarzi e alle spese eccessive.

L'ordine francescano seppe rispondere alla crisi con radicali rinnovamenti ma anche con il ritorno alle originarie regole dell'Osservanza di S. Bernardino del secolo XV, che avevano l'obiettivo di ridonare alla Chiesa una immagine di carità e povertà. San Bernardino con la sua Regola coinvolse i frati come predicatori e maestri, insistendo sull'istruzione in teologia e diritto canonico come parte integrante del normale curriculum ecclesistico. Egli si distinse come uno dei maggiori predicatori della sua epoca, la cui parola ebbe una forte incidenza non solo sul sentimento religioso e sul costume di grandi masse, ma anche intervenne con autorità in questioni d'ordine sociale e politico: le sue prediche in volgare costituirono una testimonianza letteraria di notevole valore. Accanto all'attività del predicatore che condusse in gran parte d'Italia vi fu poi quella del riformatore propriamente religioso, dedito alla riforma spirituale e organizzativa del

4.1 - Affresco riprodotto nel convento di Santa Maria della Pace nell'ex convento di S. Giuseppe a Brescia, Bergamo, 1973.





4.2 - Particolare di una pagina di un corale risalente al 1704 dipinta nel chiostro e conservata oggi nella sala dei parati della Basilica di Alzano Lombardo, Bergamo, 2011.

proprio ordine secondo la regola dell'osservanza. Nella sua opera di riforma, portò il numero dei conventi da 20 a 200; proibì ai frati analfabeti o poco istruiti, di confessare e assolvere i penitenti; istituì nel convento di Monteripido presso Perugia, corsi di teologia scolastica e di diritto canonico; s'impegnò a fare rinascere lo spirito della Regola di s. Francesco, adattandola alle esigenze dei nuovi tempi. Molti conventi passarono facilmente dalla Regola Conventuale a quella Osservante, ed il numero dei frati crebbe da 300 a oltre 4.000.¹

Lo stesso convento di Alzano dal 1597 fu abitato da monaci che recepiro-no i precetti della regola osservante di San Bernardino.

Il 1630 fu per il paese di Alzano un anno oscuro: tutta la provincia fu segnata da una grave pestilenza che decimò gli abitanti di questa fiorente cittadina. La stessa sorte segnò anche i padri del Convento di S. Maria della Pace, cosicchè allo spegnersi della pestilenza pochissimi di essi erano sopravvissuti.

Inizia per il chiostro un lento e fatale periodo di decadimento, in cui il grande complesso alzanese fu abitato da pochissimi frati che vivevano in una piccola ala del chiostro e gran parte delle stanze furono abbandonate e lasciate al loro declino.

Una lenta decadenza durò circa vent'anni, fino all'iniziativa di una nobildonna alzanese, la contessa Delia Zanchi Pelliccioli del Portone che, nel 1650 decise di acquistare il chiostro abbandonato, con generoso impegno dei suoi capitali privati per farlo tornare all'antico splendore.

La nobildonna provvide subito alle opere di restaurazione, iniziando ad inserire in ali del convento abbandonate una serie di attività capaci di ridonare al complesso un ruolo attivo nella vita sociale e culturale della cittadina. Per opera della contessa venne istituita nelle celle del chiostro una scuola di miniatura (fig 4.2); fu ricostruita e ampliata con importanti volumi la biblioteca conventuale e, successivamente, si fondò una scuola secondaria gratuita per i figli degli operai del paese, mentre ai figli delle famiglie patrizie venne riservata una formazione culturale più elevata. Queste operazioni finirono per reinserire il complesso monastico nel suo originario ruolo di polo interdisciplinare della vita cittadina, con la conseguente nascita di nuove vocazioni, che arricchirono l'ormai esiguo numero di abitanti del convento, che riuscì a ritrovare l'originario splendore, che si protrarrà per quasi tutto il secolo successivo. Un segno della riacquistata importanza del convento di Alzano è offerto anche dal fatto che si tennero al suo interno alcuni importanti Capitoli Provinciali.²

Con estrema generosità e rapida operatività si restaurò inoltre la Chiesa di

S.Maria della Pace che nel 1764, giorno della festa di S.Chiara (12 agosto), fu colpita da un fulmine.

Già nella seconda metà del Settecento si erano avute le prime avvisaglie di un mutamento politico che avrebbe influito in senso restrittivo sulla vita delle istituzioni religiose soggette alla giurisdizione della Serenissima. In questo periodo i rapporti tra la Repubblica di Venezia e gli Ordini Religiosi, peggiorarono sensibilmente, con la soppressione di numerose case religiose, con la conseguenza che i conventi minori furono costretti all'accorpamento o alla chiusura definitiva.

Il Governo veneto istituì nell'anno 1766 una *Deputazione ad pias causas*, costituita da tre senatori con l'incarico di ricatalogare i beni ecclesiastici, e nell'anno seguente, si aggiunse il mandato di investigare sulla situazione disciplinare dei Religiosi stessi.

Queste inquisizioni portarono alla imposizione agli Ordini Religiosi di una "tassa di famiglia", che gravò molto sulla vita già povera dei monaci.

In seguito il Magistrato sopra i Monasteri³ e la *Deputazione ad pias causas* mandarono ai Superiori Provinciali e locali dei singoli conventi dello stato veneto una serie di lettere ducali, in cui si chiedeva di precisare e di specificare l'origine, lo stato, l'entità dei beni, i legati e il numero dei religiosi di ciascun convento.

Ne sono un esempio alcune delle risposte date dallo stesso padre Guardiano Cornelio d'Albino in data 16 gennaio 1768: «Fu fondato l'anno 1519, da Padri Francescani detti Osservanti, ed esistono solamente atti di diversi Benefattori, che fecero carità a tall'effetto. Passò poi dalli Padri Osservanti ai Riformati nell'anno 1597; quando un certo padre di nazione bergamasca, trasportò in Bergamasca li Riformati. Il Breve di questa commissione non esiste in questo nostro Archivio, ma solo sen'anno delle copie sparse fra li conventi della Provincia».⁴

Verso la fine del 1700 con l'arrivo delle truppe francesi in Italia e alla successiva costituzione della Repubblica cisalpina si determinarono notevoli mutamenti non solo negli antichi ordinamenti politico-amministrativi, ma anche in quelli religiosi.

La nuova Repubblica Cisalpina nel 1798 decretò la soppressione di molti conventi, anche nel territorio bergamasco: il 15 giugno del 1798 il convento di S. Maria della Pace di Alzano fu soppresso, e i religiosi vennero concentrati nel vicino convento di S. Maria delle Grazie in Bergamo. Molti degli arredi e degli oggetti sacri facenti parte dell'arredo ecclesiastico del convento di Alzano Lombardo a seguito di un primo incanto risalente al 4 Settembre dello stesso anno passarono in mano di privati.

In un secondo incanto del 2 aprile del 1799, fu venduto quanto era rimasto, e il convento venne svuotato da ogni arredo.

Nell'anno stesso i frati ritornarono ad Alzano e, con energico spirito di iniziativa guidati dal padre Guardiano Domenico Antonio di Osio, intrapresero una serie di iniziative promosse a far valere i loro diritti di possesso su quanto era stato venduto. Con il ritorno delle truppe francesi, il successivo formarsi del Regno d'Italia nel 1861 ad opera delle truppe di Giuseppe Garibaldi e un nuovo decreto di soppressione degli ordini, portarono al rapido fallimento di ogni iniziativa già nel giugno 1805: tutti gli abitanti del convento, tra cui sei sacerdoti, sei confratelli e diversi religiosi furono costretti ad abbandonare il convento per essere inseriti in altri complessi.

Dopo alcuni anni di in cui il destino del convento abbandonato stentava a definirsi, il 25 aprile del 1810, Napoleone I emana un decreto con il quale sopprimeva tutti gli istituti religiosi o conventi, con la sola eccezione degli ospedali, delle suore di carità e di educazione femminile. Il convento di Santa Maria della Pace di Alzano venne definitivamente eliminato e l'edificio acquisito dal Demanio, che ne adibì la maggior parte degli spazi a: magazzini e alloggi per i militari, mentre la chiesa rimase chiusa al culto.

Dopo un breve periodo in cui l'intero complesso perviene in possesso del sig. Giuseppe Lambertini, il 23 gennaio del 1818 l'ex convento e la chiesa vengono acquistati dal nobile Lorenzo Martino Zanchi al fine di trasformare il convento in ospedale per i malati indigenti del paese. Gli edifici dell'ex convento dell'antica Congregazione di Carità, che in Alzano aveva avuto origine nel lontano secolo XI, furono donati alla città per curare le persone più bisognose.

Il 16 dicembre 1818 la donazione viene autorizzata dal Regio Governo Lombardo-Veneto e l'Ospedale inizia a funzionare per merito del preposto vicario foraneo Giacinto Bassi: con decreto I.R. Delegato Provinciale del 16 agosto del 1828, la denominazione di *Congregazione Ospitaliera* o meglio *degli Incurabili*, anche in considerazione delle specifiche esigenze locali e dei vari mutamenti, viene cambiata in *Pia Casa di Ricovero*.

Nel marzo 1852, quest'ultima amministrazione veniva fusa con la Congregazione di Carità (originaria proprietaria del convento). Da allora la Pia Casa di Ricovero ha funzionato, assolvendo il suo compito di assistenza e di cure alle persone bisognose del paese. Inoltre, nel 1881, hanno inizio alcune opere di ampliamento, con la costruzione di nuovi dormitori, una lavanderia igienica e il miglioramento dei refettori e dell'infermeria.

4.2 Il chiostro oggi: da casa di riposo a struttura ospedaliera.

Oggi Alzano Lombardo⁶ è una cittadina di circa 13.000 abitanti che custodisce al suo interno monumenti storici di notevole interesse, tra cui il Duomo e le Sagrestie, che ospitano importanti opere architettoniche-decorative, a cui si alternano pregevoli edifici di recente costruzione che conferiscono alla cittadina una veste elegante e signorile.

Lo stesso chiostro di Santa Maria della Pace si inserisce in un complesso urbanistico di moderna realizzazione, poiché il complesso francescano è stato affiancato dalla struttura ospedaliera di Bolognini Seriate dedicata a “Pesente Fenaroli”, e dunque convertito da casa di in struttura ospedaliera, così come ci descrivono alcuni documenti storici.⁷

«Con atto del notaio Francesco Carrara di Bergamo del 23 gennaio 1818 il nobiluomo Lorenzo Martino Zanchi (1762 - 1843) acquista il convento e l'annessa chiesa di S. Maria della Pace. Pochi mesi dopo lo stesso Zanchi, con atto notarile del 13 aprile 1818 in atti di Giuseppe Maria Urio, realizzava una sua nobile intenzione, cioè di fondare un ospedale per i malati poveri del paese di Alzano. Quattro anni dopo, esattamente il 12 luglio 1822, il nobile Lorenzo Martino Zanchi acquistò alla Congregazione Ospitaliera tutto quello che rimaneva ancora del convento. Nell'anno 1938 i benefattori Cavalier Giovanni Fenaroli e la signora Teresa Fenaroli, vedova Pesenti, con l'intento di onorare la memoria del congiunto Gr. Uff. ing. Cesare Pesenti, donarono all'Istituzione un padiglione chirurgico modernamente attrezzato, così l'istituzione estese l'assistenza ai malati ed infermi acuti. In conseguenza di ciò vi fu una riorganizzazione dell'istituzione che modificò la sua denominazione in “Casa di Ricovero ed Ospedale Pesenti Fenaroli”, come da decreto del Presidente della Repubblica del 23 febbraio 1960. Per effetto della legge 12 febbraio 1968, n. 132, si dovettero separare le attività dell'istituzione, per cui con il decreto del Presidente della Repubblica 14 gennaio 1970, n. 201, si costituiva l'Ospedale Pesenti Fenaroli, cui vennero conferite le attività sanitarie, mentre le attività di assistenza rimanevano all'originaria istituzione che venne ad assumere il nome di “Casa di Ricovero Martino Zanchi” in memoria dell'originario benefattore e fondatore, il cui statuto venne adeguato con la deliberazione del Consiglio di Amministrazione n. 17 del 01 settembre 1972. Alla fine degli anni settanta la Casa di Ricovero Martino Zanchi trasferì la propria nuova sede in edifici costruiti “ad hoc” ai margini del parco comunale Montecchio. Nell'anno 2003 ha avuto compimento la riforma delle istituzioni Pubbliche di Assistenza e Beneficenza. Ai sensi dell'articolo 10 della legge 8 novembre 2000, n. 328, è stato approvato il decreto legislativo 4 maggio 2001, n. 207 che norma il percorso di trasformazione delle IPAB nelle nuove forme giuridiche, in quanto le IPAB erano destinate a cessare al 31 dicembre 2003 per l'abrogazione della legge 17 luglio 1890, n. 6972 e successive



4.3 - L'ingresso della struttura ospedaliera Pesente-Fenaroli di Alzano Lombardo, Bergamo, 2011.

4.4 - La Chiesa e l'antico ingresso del chiostro in via Mazzini, Bergamo, 2011.

modificazioni ed integrazioni. La legge regionale 13 febbraio 2003, n. 1 ha disposto che le IPAB esistenti dovevano trasformarsi o in persona giuridica privata o in azienda pubblica di servizi alla persona, e le singole amministrazioni erano tenute ad adottare i provvedimenti di competenza. Con le deliberazioni consiliari n. 20, 21, 22 dell'otto settembre 2003, è stata scelta la definitiva natura giuridica di fondazione di diritto privato, con la specifica organizzazione non lucrativa di utilità sociale nel rispetto della storia e dell'attività erogata. La Giunta Regionale con la deliberazione n. VII/15568 del 12 dicembre 2003, ha approvato la trasformazione in fondazione onlus di diritto privato ed anche il nostro nuovo statuto, con la nuova denominazione di "Fondazione Martino Zanchi – onlus – rsa", disponendo gli effetti e l'iscrizione d'ufficio nel registro regionale delle persone giuridiche private dal 01 gennaio 2004. La predetta deliberazione è stata pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia il lunedì 29 dicembre 2003, n. 53, serie ordinaria».

Oggi la Fondazione Martino Zanchi svolge la propria attività nei settori dell'assistenza sociale e socio sanitaria, con particolare riferimento alla tutela dei soggetti anziani svantaggiati, residenti nella regione Lombardia, con prioritario intento verso i residenti del comune di Alzano Lombardo e poi dei comuni vicini.

L'accesso al chiostro avviene passando attraverso (in via Mazzini) l'adiacente struttura ospedaliera "Pesente Fenaroli" (fig 4.3) che fiancheggia il chiostro con la chiesa annessa, anche se è possibile scorgere, da via Martino Zanchi, il prospetto della Chiesa e il vecchio ingresso della casa di Riposo (fig. 4.4).

Il primo chiostro mantiene ancora oggi, seppur con qualche rimaneggiamento, la sua originaria spazialità: di impianto rettangolare, privo di decorazioni architettoniche, è sormontato da volte a crociera che poggiano su bassi pilastri ottagonali, il cui ritmo guida il visitatore verso il chiostro adiacente, in cui sono custoditi dei rarissimi orologi solari a riflessione, oggetto del presente lavoro di ricerca.

Il suddetto chiostro presenta all'incirca le stesse dimensioni di quello vicino, ma è ricco di decorazioni e di affreschi.

Il silenzio inteso come momento di riflessione e di preghiera permane nell'aria: le stanze del chiostro attualmente sono destinate alle sale mortuarie dell'ospedale, con annessi locali riservati al culto e alla preghiera. L'impianto rettangolare del chiostro si fonda su ventidue campate simmetricamente disposte su file di cinque navate e quattro navate successive, tutte coperte da volte a crociera poggianti da un lato su una parete continua, che delimita gli spazi collaterali al chiostro, e dall'altro sui pilastri ottagonali che definiscono ritmicamente lo spazio della corte interna al chiostro pavi-

mentata in selciato. Diciotto archi a tutto sesto insistono su rustici capitelli a forma di tronco di piramide rovescia a base quadrangolare, sorretti a loro volta da colonne ottagonali con massicci plinti.

La centralità del chiostro viene marcata dalla presenza di una antica fontana in piperno intorno alla quale si dispongono delle aiuole verdi che segnano il passaggio nel chiostro da due lati opposti (fig. 4.5).

L'antico accesso al chiostro dall'esterno è orientato all'incirca ad est e immette in uno spazio voltato da cui è possibile scorgere in lontananza l'antico affresco della Vergine delle Grazie, fiancheggiata dai due santi francescani, in memoria della origine monastica del chiostro.

Questo corridoio voltato fiancheggia un piccolo orto e immette poi successivamente al chiostro dei due orologi solari catottrici, ai quali si aggiunge un più semplice quadrante a parete verticale orientato in direzione Nord-Sud, con una leggera declinazione di 2° ad est (fig. 4.6).

Gli altri due orologi catottrici sono disposti uno ad ovest e l'altro ad est della corte e il loro quadrante è stato affrescato lungo la superficie intradossata di una volta a crociera del chiostro e sono da considerarsi come un singolare strumento di lettura del tempo dal momento che funzionano come un unico grande orologio catottrico.

L'intreccio singolare e complesso delle curve dipinte lungo la superficie voltata viene sottolineato da un cerchietto luminoso, riflessione dei raggi solari incidenti su un apposito specchietto (da qui il nome catottrico) che funge da gnomone; la continua mutevolezza dell'inclinazione di tali raggi



4.5 - Le arcate interne del chiostro, Bergamo, 2011.

4.6 - La parete che ospita l'orologio a piano verticale, Bergamo, 2011.



4.7 - Il quadrante sotto la volta a crociera senza lo gnomone catottrico, Bergamo, 2011.

durante le diverse ore del giorno comporta il continuo vagare del punto luminoso lungo le linee orarie e diurne del quadrante, che permettono dunque di misurare lo scorrere del tempo.

Attualmente lo specchietto gnomonico purtroppo è andato perso (fig. 4.7), così come le tracce dell'originaria catena metallica che lo sosteneva, cancellate dei successivi restauri dell'intonaco degli archi del chiostro. Come spesso accade in molti orologi solari attualmente in disuso, danneggiati dall'incuria e dallo scorrere del tempo, si suppone che lo gnomone non sia stato a causa della difficile individuazione del punto preciso in cui l'orologio risulta attivo e funzionante.

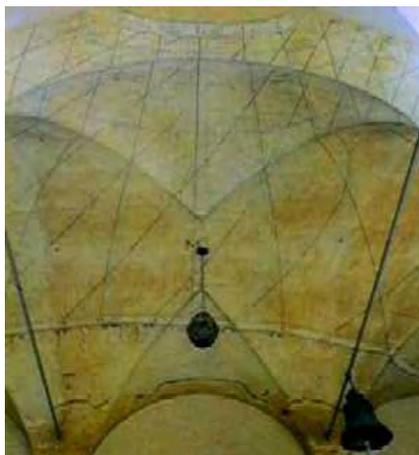
Il presente lavoro di ricerca si pone dunque l'obiettivo di ripristinare il corretto funzionamento degli orologi, ma anche della successiva divulgazione dei processi geometrici che regolano il complesso disegno delle curve orarie e diurne lungo le quali si misura il tempo secondo l'andamento dei raggi riflessi; la simulazione del funzionamento dei quadranti in varie ore del giorno e in particolari giorni dell'anno avviene mediante modelli virtuali tridimensionali dalla rigorosa impostazione geometrica, al fine di individuare i processi proiettivi che, dalla sorgente luminosa, permettono al raggio luminoso riflesso di posizionarsi correttamente lungo l'intradosso della volta a crociera.

4.3 Fra Domenico e i suoi quadranti catottrici.

A causa del trasferimento della casa di ricovero Martino Zanchi in una nuova sede che potesse rispondere meglio alle esigenze dei cittadini, molti documenti e fonti bibliografiche, riguardanti il convento di Santa Maria della Pace sono andati perduti, alcuni anche per una cattiva conservazione delle testimonianze carteece.

Le principali notizie storiche sono state apprese da libri riguardanti i conventi limitrofi, che menzionano spesso il complesso francescano, ma anche da recenti studi effettuati su analoghi orologi solari presenti nelle zone circostanti.

Una interessante e rarissima concentrazione di orologi catottrici si riscontra nella provincia bergamasca: i singolari quadranti solari presentano caratteristiche molto simili agli orologi di Alzano Lombardo. Alcuni versano in cattivo stato di conservazione, affetti da rigonfiamenti delle superfici affrescate e muffe sulle pareti; altri esempi sono stati recentemente restaurati, ma solo per la parte pittorica e dunque non sono attualmente funzio-



4.9 - Il quadrante sotto la volta a crociera nel chiostro di Romacolo, Bergamo, 2011.

4.10 - Le volte a crociera del chiostro francescano di Martinengo, Bergamo 2011.

4.11 - L'orologio catottrico nella villa Colleoni a Calusco d'Adda, S. Vimercati, Bergamo, 2011.

a crociera, facente parte di un ampio corridoio voltato che conduceva alla chiesa annessa. Trasformato in ospedale poi trasferito, oggi versa in gravi condizioni a causa del suo totale abbandono.

Presso il convento di Romacolo (17 km da Bergamo), esiste un quadrante risalente al 1736, è l'unico che ha veramente subito alcuni ritocchi di conservazione assieme al convento che la ospita, completamente risistemato, non ha perciò più quel gusto di antico che ancora traspira da alcuni di questi esempi di orologi (fig. 4.9).

A Martinengo (paese distante da Bergamo 22 km) il convento francescano databile intorno al 1742 ospita 2 quadrante catottrico. In questo caso i quadranti catottrici sono disposti in modo contiguo uno nella ala ovest e uno a sud. Il convento è stato recentemente restaurato e tale intervento non ha rimesso in funzione gli orologi ma si è solo spinto nella sua ridintura (fig. 4.10).

Un interessante sistema di orologi piano verticali e uno catottrico è custodito presso il palazzo Trussardo Colleoni a Calusco d'Adda (paese distante 21 km da Bergamo).

Villa Colleoni, che per dimensioni e struttura è tra le maggiori del territorio bergamasco. Costruita sul luogo dov'era il castello di Trussardo Colleoni, avo di Bartolomeo e podestà di Lodi nel 1280, assunse l'aspetto attuale probabilmente nel corso del Seicento e nel Settecento, ricevette una decorazione interna di singolare importanza, concepita come celebrazione della famiglia Colleoni e principalmente del celebre condottiero vissuto nel XV secolo.⁹

Varcato il portale di ingresso, sul quale insiste lo stemma in pietra della famiglia, si entra nell'atrio; qui il pavimento è ad acciottolato e sotto le volte a crociera è dipinto un'interessante orologio catottrico. In quest'ala si notano nei muri e nelle volte le strutture superstiti più antiche, appartenenti al castello medioevale. Sono presenti più orologi solari, uno differente dall'altro. Ogni orologio era studiato appositamente non solo per indicare l'ora, ma anche per segnare i solstizi ed i segni zodiacali. L'intero cortile si può considerare come un grande orologio solare, infatti quando la facciata nord non riceve più il sole, entrano in funzione gli altri due orologi posti sulle sulla facciata est della corte. L'orologio catottrico inserito nella quarta crociera di uno spazio voltato di 7 (fig. 4.11), occupa il lato nord del chiostro nel 2004 è stato rimesso in funzione. Gli orologi verticali piani a causa degli agenti atmosferici hanno perso la loro decorazione e seppur corredati dello gnomone originale non sono grandemente utilizzati.

Dopo sette anni viene realizzato il sistema di orologi solari nel chiostro di

Santa Maria della Pace ad Alzano Lombardo, tema della mia ricerca, il cui studio viene affrontato nei capitoli successivi.

Interessante anche l'orologio catottrico presso il chiostro dell'Annunziata a Piancogno, paesino che dista 80 km da Bergamo. È l'unico orologio presente nel chiostro ed è posto nella nell'ala nord in modo da ricevere la luce del sole durante tutta la giornata (4.12).

Infine l'orologio a riflessione del portico di San Cristo a Brescia¹⁰, esso è stato restaurato e rimesso in funzione nel 2002 (fig. 4.13). Si leggono sul quadrante le ore del giorno, le linee dei mesi con i segni dello zodiaco e i le scritte in latino inneggianti al sole e alla luna. Il disegno presenta le indicazioni delle Ore Italiche di colore grigio calcolate da 1 a 24 come negli orologi poi furono aggiunte a partire dalla conquista napoleonica quelle Francesi di colore rosso calcolate da 1 a 12 (quelle dei nostri orologi). Le linee delle ore si incrociano con quelle dei MESI e il primo mese all'inizio dell'arco è giugno (solstizio estivo), l'ultimo è dicembre (solstizio invernale). Tra questi estremi evidenti le ore grigie o rosse e si possono calcolare anche i tempi intermedi come le mezze ore o i quarto d'ora. Le linee dei mesi sono sei perché è prevista l'"andata e il ritorno", cioè sei mesi a destra, altrettanti alla sinistra. Ogni mese si accompagna al relativo simbolo dello zodiaco. Le ore sono accompagnate dai cartigli delle città sulla linea di fondo quando il sole è al minimo di luce solare il 21 dicembre. L'ora meridiana delle 12 con il cartiglio di Brescia si pone nel mezzo, quando il sole arriva al culmine della giornata. Alle altre ore sono legati cartigli con i nomi di località diverse come Isole Canarie, Gerusalemme, La Mecca, Lisbona, Indie Orientali ecc...per cui è possibile sapere l'ora della Mecca o di Mosca ecc.... quando a Brescia sono le 12 o viceversa.

La particolare predilezione verso questi peculiari orologi catottrici è forse da ricercarsi nella nascosta volontà di attribuire un raffinato significato sacro celato in questi manufatti realizzati in ambienti religiosi. Il soffitto della volta richiama infatti alla mente la Contemplazione del Creato e la volta stessa rappresenta la Volta del Cielo¹¹, ove in penombra brilla la luce riflessa del sole ad indicare, come l'Amore che proviene da Dio, la vita che scorre ciclicamente.¹²

Non deve sorprendere che il linguaggio della Sacra Scrittura evochi delle assonanze con altre tradizioni religiose¹³ quando associa alcune manifestazioni naturali associate al cielo all'immagine biblica di Dio: così il tuono è la voce potente di Jahvè (cfr. Sal 29,3-9), i fulmini annunciano le sue azioni salvifiche (cfr. Sal 77,18-19; Gb 38,35) e le nubi sono lo sgabello dei suoi piedi (cfr. Na 1,3). Anche il percorso del sole nel cielo diviene immagine



4.12 - Il quadrante solare nel chiostro dell'Annunziata a Piancogno, Bergamo, 2011.

4.13 - Il portico del chiostro di San Cristo a Brescia che ospita l'orologio catottrico, 2011.

della gloria di Dio, un «sole di giustizia» (cfr. Sal 19,6-7) di cui il Nuovo Testamento opererà una precisa rilettura cristologica: l'annuncio del Messia, nel contesto della nascita del suo precursore Giovanni, è l'annuncio che «verrà a visitarci dall'alto un sole che sorge» (Lc 1,78). In continuità con molti elementi comuni ad altre religioni, per il Dio della Bibbia, l'arcobaleno è segno della sua pacifica alleanza con Noè (cfr. Gen 9,13-16) e gli eventi meteorologici preparano alcune delle sue più solenni teofanie (cfr. Es 19,16-20; Is 30,30). Ancora, sarà la «purezza cristallina del cielo» ad offrire, all'autore sacro, l'analogia meno inadeguata per descrivere il luogo dove Jahvè «posava i suoi piedi» nella principale teofania del Sinai (cfr. Es 24,10).

Il cielo è inizialmente la dimora di Dio ed il suo santuario (cfr. Sal 33,13-14; Is 66,1; Mt 6,9), ma una sede la cui affermazione di trascendenza non lo distanzia dall'uomo e dai suoi bisogni: «Il Signore si è affacciato dall'alto del suo santuario, dal cielo ha guardato la terra, per ascoltare il gemito del prigioniero, per liberare i condannati a morte» (Sal 102,20-21; cfr. anche Is 66,2; Mt 6,11). Segno di immensità, il riferimento al cielo diviene anche il linguaggio adeguato per far comprendere all'uomo la grandezza delle promesse di Dio: le stelle del cielo, il cui numero è incalcolabile, saranno la misura della discendenza che Dio concederà ad Abramo e nella quale saranno benedette tutte le genti (cfr. Gen 22,17-18; Dt 1,10). Nell'AT, specie nei libri cronologicamente più antichi, è raro trovare il cielo come termine sostitutivo del nome di Dio, sebbene è «dal cielo» che provengano la sua benedizione e la sua salvezza (cfr. Gen 49,25) e sia «dal cielo» che Egli chiami Abramo ed i suoi eletti.

Nei quattro momenti importanti dell'anno sono state poste, con alcuni trascurabili errori dovuti alle valutazioni dell'epoca, le Feste più importanti per la Liturgia sacra: il Solstizio d'Inverno coincide press'a poco con il Natale di Cristo (25 dicembre in luogo del 21), all'Equinozio di Primavera è associata l'Annunciazione (25 marzo, vale a dire nove mesi prima della nascita di Gesù, anziché il 21) mentre al Solstizio d'Estate cade la nascita di S. Giovanni Battista, di soli sei mesi prima di Cristo (24 giugno anziché il 21); all'Equinozio d'Autunno la Festa dei Santi Michele e Gabriele, i cui culti sono di origine orientale. Infatti fu l'imperatore Costantino I a partire dal 313 tributò una particolare devozione all' Arcangelo Michele, fino a dedicargli il *Micheleion*, un imponente santuario fatto costruire a Costantinopoli.¹⁴

Il secondo è Gabriele¹⁵ (forza di Dio) che è incaricato da Dio per spiegare le visioni a Daniele (8,16 e 9,21) e in seguito nel Nuovo Testamento di dare

L'annuncio della nascita di Giovanni Battista a suo padre Zaccaria (Lc 1,19) e di Gesù stesso a Maria (Lc 1,26). È descritto in Luca come uno che sta «davanti a Dio», che lo identifica come uno dei quattro o sette arcangeli della letteratura intertestamentale (Tobia 12:15; vedi anche 1Tess 4:16; Ap 8:2).

La loro funzione di condottieri nella battaglia per sconfiggere il demonio e la loro funzione di annunciatori di speranza a Maria per la Salvezza dell'uomo viene ricordata nelle festività della Chiesa cristiana il 29 settembre anziché il 23.

4.4 Restauro e ripristino funzionale del quadrante catottrico nel chiostro di San Cristo a Brescia.

Come già evidenziato, alcuni di questi quadranti solari sono stati restaurati di recente, ma spesso l'intervento è stato limitato alle sole pitture murali lungo la superficie intradossale voltata; per tale motivo l'esempio dell'orologio catottrico rinvenuto nel chiostro della chiesa di San Cristo a Bergamo databile intorno al 1760 e che merita una menzione speciale in quanto il lavoro di restauro del 2002¹⁶ si è concluso con la ricollocazione dello specchietto riflettente che ha permesso di rimettere in funzione l'orologio. Il chiostro della chiesa mostra sui tre lati del piano superiore le colonnine ormai liberate dai muri che avevano ospitato le camere dei professori e la infermeria; il lato ovest non ha loggiato e mostra le finestre delle "stanze dei Superiori". Il piano inferiore invece presenta il giro completo delle colonne di marmo botticino con capitelli a foglie grasse gotiche e archi a tutto sesto. In corrispondenza di porta murata, posta sul lato nord del chiostro, recante sull'architrave il Volto di Cristo in rilievo, il restauro della volta eseguito nel 2002 ha messo in luce i segni di un raro orologio catottrico, che è stato ricostruito e messo in funzione con il riposizionamento dello specchietto. Il disegno riportato allo splendore iniziale presenta le indicazioni delle Ore Italiche di colore grigio calcolate da 1 a 24 come negli orologi antichi. A queste furono aggiunte a partire dalla conquista napoleonica quelle Francesi di colore rosso calcolate da 1 a 12 (quelle dei nostri orologi). Le linee delle ore si incrociano con quelle dei MESI (se consideriamo anche il movimento di rivoluzione). Il primo mese all'inizio dell'arco è giugno (solstizio estivo), l'ultimo è dicembre (solstizio invernale). Tra questi estremi corrono le ore grigie o rosse. Approssimativamente si possono calcolare anche i tempi intermedi come le mezze ore o i quarto

d'ora. Le ore sono accompagnate dai cartigli delle città sulla linea di fondo quando il sole è al minimo di luce solare il 21 dicembre (fig 4.14). L'ora meridiana delle 12 con il cartiglio di Brescia si pone nel mezzo, quando il sole arriva al culmine della giornata. Alle altre ore sono legati cartigli con i nomi di località diverse come Isole Canarie, Gerusalemme, La Mecca, Lisbona, Indie Orientali ecc...per cui è possibile sapere l'ora della Mecca o di Mosca ecc... quando a Brescia sono le 12 o viceversa (fig 4.15).

La parete non interessata dal disegno della meridiana è liberamente occupata da tre cartigli con scritte in latino inneggianti alla luce, quello di centro riporta un versetto del salmo 21:

*“Per diem sol non uret te neque luna per noctem.”*¹⁷ (di giorno il sole non ti brucia, tanto meno la luna di notte) - Gli altri due dicono -

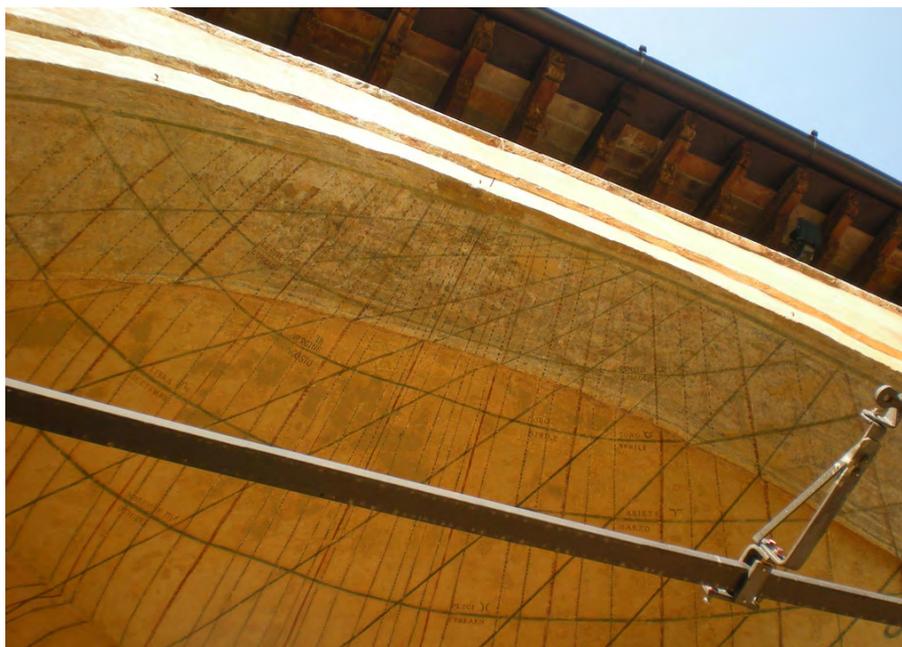
“Reddo coelestia coelo” (restituisco al cielo le cose del cielo, ovvero ciò che gli appartiene) ;

“Lux ea horologi comparat” (la luce solare si accompagna alle ore dell'orologio ,quindi, le ore solari corrispondono a quelle dell'orologio).

Il restauro dell'apparato scientifico e tecnico è stato seguito dall'ing. Giacomo Agnelli di Brescia, che ha proceduto a ripetere la complessa operazione di fra Domenico, cioè rimettere fra le due colonne il tirante preposto a reggere lo specchietto. E' stato quindi necessario progettarlo nuovamente ad hoc con l'uso del moderno teodolite per ritrovare l'esatta posizione dello strumento riflettente. Per il materiale usato si è scartato la sostanza

4.14 - Lo specchietto riflettente inserito dopo il restauro nel chiostro di San Cristo a Brescia, 2011.

4.15 - I cartigli in cui sono inseriti i nomi delle diverse località, Brescia, 2011.



vetrosa e preferito l'acciaio - inox, poiché lo specchio è esposto alle intemperie e la superficie non deve venire intaccata.

Per le problematiche affrontate, e per le analogie riscontrate in fase di studio tale restauro è servito spesso come guida per il mio lavoro di ricerca e chiave di lettura di linee orarie e simboli spesso presenti nei due orologi. Sappiamo con certezza che tutti gli orologi catottrici del bergamasco nascono come quadranti ad ore italiane, dette anche *Ore Uguali Ab Occasu* che suddividono il giorno in 24 ore, iniziando il conteggio dal tramonto del sole.¹⁸

La giornata dei monaci inizia al levar del sole con la preghiera delle Lodi; tutta la giornata monacale viene scandita dalla Liturgia delle Ore, *sette volte al giorno io Ti lodo*, che individua così come recita il salmo 118 e 119, sette momenti di preghiera in cui il monaco ringrazia Dio. Con la riforma di san Benedetto viene codificata espressamente per i monaci la celebrazione in varie ore della giornata secondo il conteggio dei Romani. Le ore diurne erano quindi Lodi (all'alba), Prima (circa alle 6), Terza (alle 9), Sesta (alle 12), Nona (alle 15) e Vespri (al tramonto). La preghiera prima di coricarsi era detta Compieta.

La capacità di contare i giorni è, per i monaci, indice di sapienza, traducibile come la possibilità data all'uomo di conoscere la sua evoluzione nel tempo. È naturale quindi che nei monasteri sia sempre esistita una preoccupazione costante per la misura del tempo e che monaci si siano dedicati alla conoscenza delle leggi che regolano questa misura e che le abbiano attuate realizzando la costruzione di meridiane e orologi solari.

Fu con la discesa di Napoleone in Italia, verso la fine del '700, e con la costituzione della Repubblica Cisalpina che vennero abolite tramite un decreto le ore italiane a cui furono sostituite quelle cosiddette "alla francese". Tale sistema orario, coincidente con quello attualmente in uso, era detto allora Equinoziale, Moderne, Comune o anche Volgare. Tale modo di computare le ore stabiliva che il termine della giornata avvenisse 12 ore dopo che il Sole era passato per il suo Punto quindi con l'indicazione delle ore 12 al Mezzogiorno vero e delle 24 alla Mezzanotte.

Nonostante i decreti imperiali che ne imponevano con prepotenza l'uso per esigenze di uniformità con il resto dell'Europa, i religiosi del convento continuarono per lungo tempo ad adoperare il vecchio sistema di conteggio ad ore italiane, creando spesso quella singolare ibridazione di curve orarie che è stato possibile riscontrare anche nei quadranti solari catottrici del bergamasco.

Da Questo lavoro di conversione e di ridisegno di nuove ore sugli antichi

orologi esistenti ne derivò una lettura del tempo piuttosto complessa dal momento che le linee più moderne si intersecavano con quelle originali, generando spesso confusione ad un occhio poco pratico nella conversione delle ore.

4.5 L'orologio a piano verticale del chiostro di Santa Maria della Pace.

Dopo un'attenta fase di rilievo necessaria per comprendere meglio la spazialità del chiostro, le pareti che ospitano gli orologi e il loro stato di conservazione, si è passati alla classificazione dei quadranti in base alla loro tipologia dei diversi orologi presenti.

Il primo di questi giace sul piano verticale della parete esposta a Nord del chiostro, al di sopra del secondo arco a tutto sesto: seppur sia l'orologio maggiormente esposto alle intemperie, quali piogge ed escursioni termiche tra giorno e notte, soprattutto nei mesi invernali, il quadrante verticale di Santa Maria della Pace ancora oggi risulta funzionante per la chiara leggibilità delle linee orarie e diurne dipinte, ma soprattutto per la presenza dello gnomone, una sottile asta di ferro, lunga ventisei centimetri è inclinata rispetto alla parete verticale di $23^{\circ}27'$ (stilo polare),

che consente la corretta misura del tempo. Non è stato possibile risalire alla data precisa in cui venne dipinto il quadrante ma, la presenza delle sole linee del sistema orario moderno (alla francese), lascia supporre che sia di epoca più recente rispetto quella dei due orologi catottrici: potrebbe essere stata proprio l'esigenza di convertire abitudini, preghiere, consuetudini diurne dell'ordine alle nuove imposte misurazioni del tempo a richiedere la costruzione di questo nuovo quadrante, di più semplice consultazione, e collocato in posizione strategicamente centrale nell'area del chiostro.

Le principali linee orarie hanno un andamento radiale verso la base dello gnomone e sono semplici segmenti di rette, essendo essi l'intersezione dei cerchi orari della sfera celeste con il piano verticale su cui è dipinto l'orologio; tali rette sono intervallate anche da linee intermedie che misurano la mezz'ora.

Le due diverse raffigurazioni del sole alla sinistra dello gnomone e della luna a destra, ci informano del passaggio delle ore prima del mezzogiorno a quelle pomeridiane.

Altre interessanti notizie le attingiamo dai diversi cartigli dipinti sulla parete; uno in basso a sinistra dell'orologio reca all'interno il motto, in lingua

latina: « *non errat superno lumine ductu* (la luce divina non sbaglia la via)». L'altro cartiglio, invece, fornisce informazioni riguardanti la declinazione della parete rispetto all'asse nord-sud recitando all'interno la seguente precisazione: «*declina 2° a lev*» ovvero, la parete verticale sui cui è dipinto lo gnomone risulta ruotata di 2° verso sud rispetto al piano verticale passante per i punti Est e Ovest (fig.4.16).

L'ombra dello gnomone si *muove* giorno dopo giorno entro lo spazio delimitato dalle due iperboli che disegnano le posizioni del sole in coincidenza con i dei solstizi. In particolare, l'ombra dello gnomone percorrerà l'iperbole superiore durante il solstizio d'inverno (22 dicembre), quando entrerà nella costellazione del Capricorno, per poi riscendere verso la linea equinoziale ed entrare nella costellazione dell'Ariete (il 21 marzo), data di inizio dell'equinozio di primavera, e scendere verso l'iperbole inferiore

4.16 - L'orologio piano verticale dipinto sulla parete nord del chiostro di Alzano Lombardo, Bergamo, 2011.



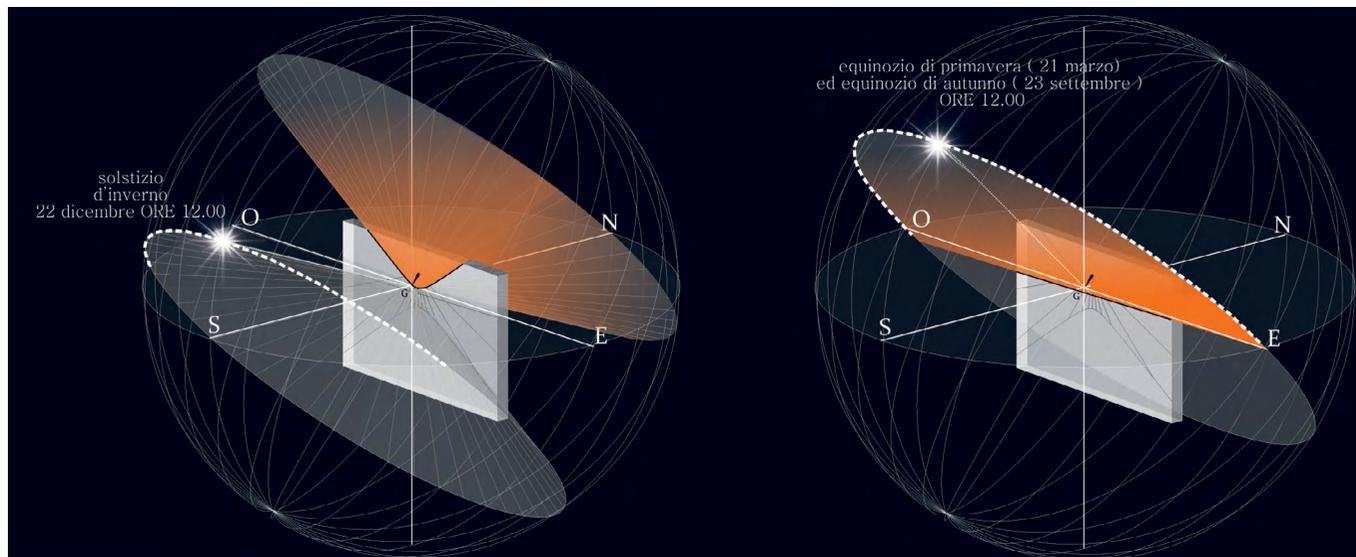
durante i mesi caldi del solstizio d'estate (21 giugno), data in cui l'astro entra nella costellazione del Cancro. A partire dal 22 giugno, l'ombra dello gnomone descriverà nuovamente la stessa porzione di piano, toccando la retta equinoziale il 23 settembre (data dell'equinozio di autunno), per poi giungere nuovamente all'iperbole superiore del solstizio invernale.

4.6 La metodologia dei coni di luce applicata al ridisegno del quadrante verticale.

L'orologio solare a quadrante piano verticale di Alzano Lombardo è stato il punto di partenza del nostro rilievo e dello studio del sistema del triplice quadrante presente nel chiostro. Disegnata in ambiente virtuale 3D la sfera celeste corrispondente alla latitudine di Alzano Lombardo, collocata la stessa con il centro coincidente con la punta della stilo polare del quadrante verticale, è stato possibile ottenere, per semplice intersezione tra la superficie muraria del chiostro e le superfici luminose, il disegno delle linee orarie e diurne dell'orologio corrispondente al modello teorico di studio, che la sfera celeste geocentrica costituisce (fig. 4.17).

La simulazione per questo orologio è servita per avere un riscontro effettivo sulla coincidenza tra le linee reali, disegnate lungo la parete del chiostro e quelle invece derivate dal processo di intersezione geometrica della sfera celeste con il piano dell'orologio. Il disegno della sfera celeste è stato espli-

4.17 - La sfera celeste corrispondente alla latitudine di Alzano Lombardo e l'orologio a piano verticale (cfr. tav. 3 pag. 127).



citato nel capitolo precedente e tale modello è stato applicato alla latitudine di Alzano Lombardo pari a $45^{\circ}44'$.

4.7 Il quadrante solare virtuale e l'orologio verticale rilevato: comparazione delle linee diurne orarie.

Il rilievo dell'orologio verticale, la cui effettiva precisione nel misurare il tempo è stata riscontrata *in situ*, nelle ore diurne dei sopralluoghi, è stato rilevato mediante programma di fotoraddrizzamento RDF, che ha corretto l'immagine fotografica scattata sul luogo al fine di renderla perfettamente coincidente con la vera forma e posizione delle linee dipinte sulla parete del chiostro; in maniera analoga è stato rilevata, tramite foto raddrizzamento (fig. 4.18), la lunghezza e l'inclinazione dell'asta gnomonica rispetto alla parete, sebbene di tale angolo sia stata comunque verificata l'ampiezza tramite alcune considerazioni geometriche sulle inclinazioni dei raggi solari e la posizione dell'ombra in alcuni giorni dell'anno.

I punti del quadrante che misurano il mezzogiorno nei quattro giorni più importanti dell'anno (equinozi il punto D e i solstizi rispettivamente punto B d'estate e il punto C d'inverno) si trovano lungo un segmento (AB) che effettivamente finiscono per passare tutte per il centro della base dello gnomone (A), esattamente nella posizione indicata dal rilievo mediante



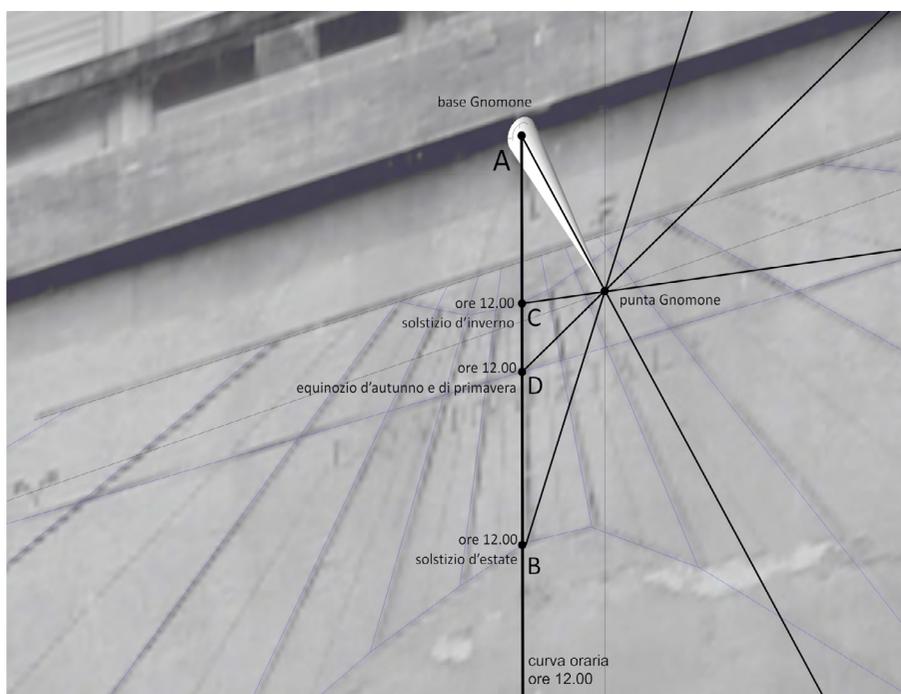
4.18 - Immagine fotoraddrizzata mediante il programma RDF software.

software di foto raddrizzamento (fig. 4.19).

Ottenuti così i due quadranti solari, sono state comparate le relative linee tramite una semplice sovrapposizione che ha portato a riscontrare una perfetta coincidenza delle corrispondenti linee orarie nella parte centrale dell'orologio, esattamente nelle ore della fascia diurna dalle 9.00 e le 14.00, per poi avere una lieve discordanza di inclinazione tra le rette orarie del quadrante-modello rispetto al reale dipinto che progressivamente si accresce nelle zone laterali che misurano il tempo al sorgere e al tramontare del sole.

Da notare è invece il comportamento delle iperboli coincidenti con le curve diurne dei solstizi a seguito della sovrapposizione.

Le iperboli superiori dei due quadranti, ovvero le curve diurne che disegnano il tempo al solstizio d'inverno, si presentano perfettamente sovrapposte, mentre quelle inferiori corrispondenti al solstizio d'estate, non presentano analoga coincidenza. In particolare, l'iperbole dell'orologio reale dipinto si presenta come una linea spezzata che si discosta dalla conica ricavata dal modello 3D con particolare evidenza nelle ore del sorgere e del tramonto del sole nelle quali, il metodo empirico di osservazione diretta delle ombre generate dal movimento del Sole, che il monaco e i suoi collaboratori hanno certamente adottato per disegnare il quadrante, può aver generato un lieve errore di rilevazione in quei momenti in cui



4.19 - Processo di verifica geometrica per individuare l'inclinazione dell'asta gnomonica rispetto alla parete.

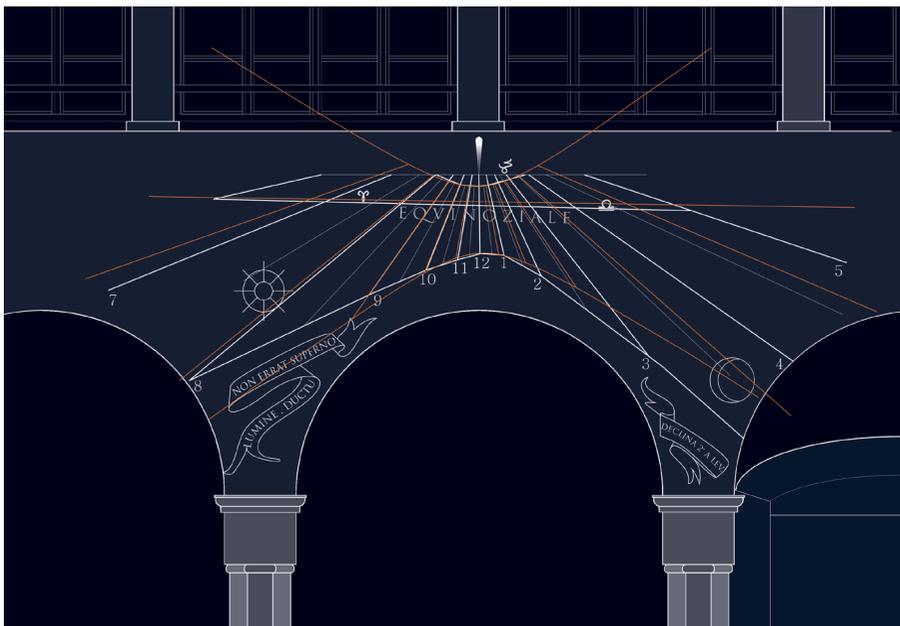
l'inclinazione dei raggi solari è maggiormente radente rispetto al piano dell'orologio.

Il disegno dell'orologio con questo metodo empirico, una volta inserito lo gnomone nel muro, ha richiesto mesi di osservazione dei passi del Sole attraverso le proiezioni dell'ombra, che veniva segnata sul piano verticale del quadrante ogni ora e durante tutto l'anno. Ne derivava quindi una serie di punti che, congiunti correttamente giustificerebbe così l'andamento spezzato delle iperboli solstiziali (fig. 4.20).

4.8 Gli orologi catottrici del chiostro: lo stato di conservazione.

Rispetto all'orologio piano verticale della parete nord, la decifrazione dei due orologi catottrici posti rispettivamente ad ovest e ad est del chiostro, è stata abbastanza complessa sia per la presenza di un gran numero di informazioni dipinte al di sotto delle volte a crociera, ma anche per la mancanza dello specchietto riflettente, che non ci ha permesso, durante i sopralluoghi, di verificare l'attendibilità del quadrante affrescato nella misurazione del tempo. In ultimo, la presenza di fenomeni di rigonfiamento dell'intonaco e di macchie di umidità lungo le superfici dipinte hanno spesso reso meno immediate le osservazioni e le successive operazioni di rilievo diretto.

Alle linee orarie di entrambi gli orologi fanno da cornice eleganti cartigli



4.20 - Sovrapposizione dei due quadranti solari: in arancione il quadrante virtuale, in bianco le curve del quadrante fotoraddrizzato (cfr. tav. 3 pag. 127).

che riportano all'interno informazioni riguardanti la decifrazione del complesso intreccio delle linee del quadrante ed i motti tipici degli orologi solari.

Il piano di calpestio del chiostro non è risultato perfettamente orizzontale, ma presenta una pendenza di 30 cm da ovest verso est, che ha reso abbastanza difficoltose le operazioni di rilievo delle linee orarie sotto le volte con il metodo delle ascisse e delle ordinate, mediante un misuratore laser che necessitava di essere correttamente collocato in posizione verticale prima dell'emissione del raggio e della misurazione.

Dopo aver rilevato le curve notevoli delle volte a crociera, e dunque ricreato la superficie cilindrica lungo la quale è stato dipinto il quadrante catottrico, sono state rilevate le coordinate di una serie di punti di intersezione tra linee orarie e diurne. Un rilievo più agevole è invece stato effettuato per le linee orarie appartenenti ai piani laterali che chiudevano perimetralmente le volte considerate.

In tale piano verticale il rilievo delle linee è stato condotto con il metodo delle ascisse e delle ordinate rispetto un riferimento cartesiano che aveva come asse delle ascisse la retta orizzontale alla base della parete, oltre a una seconda verifica che è stata effettuata mediante software di foto raddrizzamento. Il rilievo dell'orologio affrescato è stato inoltre condotto come verifica di una ipografia storica rinvenuta nell'opera dell'ingegnere Luigi Angelini del 1956 dal titolo :” Arte Minore Bergamasca”, edita dalle Arti Grafiche di Bergamo (fig. 4.21), rispetto alla quale sono state riscontrate le seguenti differenze (in particolare nell'orologio posto ad ovest):

- L'ipografia dell'orologio mattutino mostra la perfetta intersezione in un punto dell'ora 6 italiana, l'ora 10 francese e la linea di levata del Sole (punto A), nel dipinto (fig. 4.22) invece è riscontrabile tale coincidenza solo tra l'ora 6 italiana e l'ora 10 francese, mentre la curva azzurra è dipinta sopra tale punto (punto A').
- Inoltre l'ipografia trascrive in modo inesatto l'informazione della linea azzurra in questo modo: “*il sole leva a ore 8*” (punto B), mentre il dipinto reca la scritta “*il sole leva a ore 8 1/2*” (punto B').
- La prima linea azzurra nell'ipografia non rimarca nessuna informazione riguardo l'ora di levatura del Sole (punto C), deducibile invece dal dipinto dove in prossimità di tale linea è presente la seguente dicitura:”*il sole leva ad ore 8*”.
- Nell'ipografia l'intersezione tra la curva oraria italiana delle ore 6 con la curva oraria delle ore 11 francesi si verifica nell'intradosso

della volta a crociera (punto D), mentre nel dipinto è riscontrabile sulla parete frontale della campata (punto D').

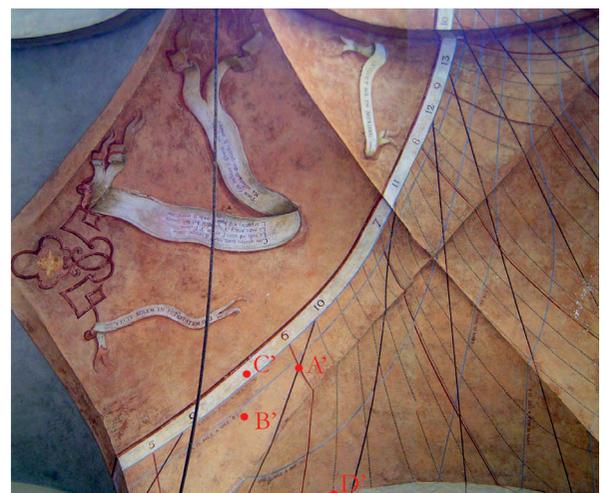
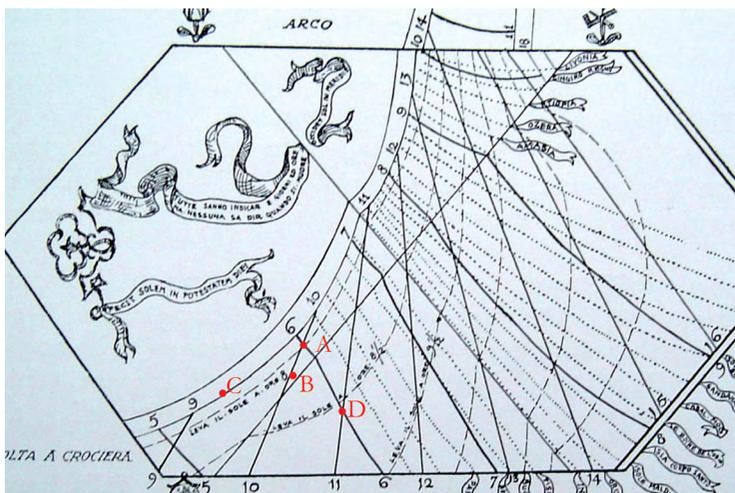
Come già detto in precedenza, la concatenazione delle diverse linee orarie è derivata appunto dalla necessità di dover riadattare i due orologi ai nuovi sistemi di conteggio orari che, verso la fine del '700 iniziavano a svilupparsi e a segnare la vita sociale.

Infatti questi orologi catottrici, risalenti al 1749 (lo attesta il fregio dipinto nell'orologio a ovest) nascono come orologi ad ore italiane, adattati obbligatoriamente dopo soli cinquanta anni agli emergenti sistemi di misurazione del tempo ad ore francesi, che in Europa stavano diffondendosi a seguito dell'imposizione napoleonica.

4.9 Reticolatum temporis : l'orologio catottrico pomeridiano.

Si è scelto di studiare per primo l'orologio collocato nella seconda campata del lato ad est del chiostro in quanto tale quadrante conteneva informazioni più dettagliate riguardo ad alcuni punti notevoli ai fini della misura diurna e annuale del tempo, informazioni che ci sono state utili per il successivo posizionamento dello specchietto gnomonico. Dipinto lungo la superficie intradossale della volta a crociera, l'affresco occupa anche parte della volta adiacente, con motti e allusioni allo scorrere del tempo, ciascuno inserito in un cartiglio, di riportiamo al seguito la trascrizione :

4.21 - 4.22 - Ipografia storica del quadrante solare mattutino e foto della crociera dipinta.





4.23 - I cartigli che recano all'interno i motti dedicati al Sole.

4.24 - Il quadrante solare pomeridiano dipinto sotto la volta a crociera.

- *Guarda che il sol, che nasce, corre e gira, giammai tramonti sù tua colpa, od ira;*
- *Vedi l'ombra in passar quanto sia breve, da l'ombra impara che morir si deve;*
- *Locum vergens ad occidentem* (fig. 4.23).

I diversi sistemi di curve, che rappresentano l'andamento del Sole durante l'arco dell'anno sono distinguibili grazie ad una diversa cromia utilizzata: le curve di colore nero indicano il conteggio delle ore secondo l'uso italico e sono in rappresentate dalla ora 18, posizionata al di sotto dell'arco a tutto, sesto fino alla ora 23, indicata da un segmento quasi orizzontale, molto prossimo al piano di imposta dell'arco.

Le curve di colore rosso, invece, indicano il nuovo sistema di conteggio delle ore alla francese in cui il giorno termina a mezzanotte: inserite dopo la realizzazione del quadrante e solo per imposizione di un decreto napoleonico, sono leggibili in questa parte del quadrante dall'ora 2 all'ora 7 (ore pomeridiane). A differenza delle linee orarie italiche, queste ultime hanno la peculiarità di convergere tutte in un punto mantenendo un caratteristico andamento a ventaglio (fig. 4.24).

A questo già complesso intreccio di curve si aggiunge ancora una serie di curve di colore verde, tratteggiate, in cui ogni curva termina con un fiocco svettante con all'interno il nome di località note (Auch, Aurilac, Djon,



Epinal, Vilma, Caracas, Isola San Giovanni, Capo Bretoi...). Sono questi i luoghi in cui il Sole passa al meridiano durante la giornata, cosicchè possiamo conoscerne il momento o sapere a che ora è il Mezzogiorno vero in tali località.

Ultimo sistema da decifrare è quello costituito dalle linee azzurre. Esse indicano i passaggi del sole nei mesi dell'anno, quelli stagionali dello Zodiaco compresi in sei fasce corrispondenti alle stagioni Inverno e Primavera, dove il Sole si innalza gradualmente nel cielo, ed Estate ed Autunno con il Sole che ritorna a discendere percorrendo tutto lo spazio della volta. La linea azzurra più esterna, opposta alla doppia fascia bianca che contiene la numerazione delle ore, è quella che individua la curva del Solstizio d'Inverno (21 dicembre) Capricorno (a sin.) a cui si succedono quella del Sagittario-Acquario, Scorpione- Pesci. E' chiaro che trattansi di zone bivalenti, comuni alle indicazioni dell'Inverno e dell'Autunno, seguite poi da quelle comuni alla Primavera ed all'Estate. La linea di separazione tra Inverno-Autunno con la Primavera-Estate è la Linea degliEquinozi, individuata dai segni Ariete-Bilancia, sia di Primavera che d'Autunno (quando si ha il giorno e la notte d'egual durata, vale a dire il 21 marzo ed il 23 settembre). Le altre zone seguenti sono: Vergine- Toro, Leone- Gemelli e terminano con la linea curva del Solstizio d'Estate (21 giugno) sotto la costellazione del Cancro.

4.10 Studio e conversione del sistema orario italico e di quello francese.

I quadranti solari catottrici sfruttano la deviazione dei raggi solari incidenti su varie superfici riflettenti: le geometrie dei raggi riflessi, supposti rettilinei e tutti paralleli tra loro, seguono la seconda legge della riflessione di Cartesio, secondo la quale gli angoli di incidenza e riflessione dei raggi luminosi sono uguali rispetto alla superficie riflettente che ha intercettato la luce. La superficie riflettente può essere piana o convessa, e variamente inclinata, ma i pochi esempi di quadranti solari catottrici a scala architettonica prevedono la presenza di uno specchietto orizzontale, generalmente posto sulla catena metallica di un arco o su un davanzale (come nel caso del celebre orologio di Palazzo Spada), che riflette una piccola stella di raggi luminosi al fine di indirizzarli lungo l'intradosso di una volta, altrimenti mai illuminato con luce diretta.

Per ricondurre lo studio geometrico dei quadranti catottrici su volta a cro-

ciera al già esposto metodo dei coni luminosi è stato necessario costruire un modello geometrico equivalente ai meccanismi di riflessione della luce: ipotizzata orizzontale la superficie riflettente, è possibile in ogni momento dell'anno determinare per simmetria ortogonale, rispetto al piano dello specchio, la posizione del *Sole virtuale* ovvero quello che emetterebbe raggi tutti paralleli alle rette riflesse, e che viene così a trovarsi al di sotto del piano equatoriale della nostra sfera celeste di studio (fig. 4.25).

Sulla sfera celeste corrispondente alla latitudine di Alzano Lombardo, sono state costruite quelle circonferenze che individuano la posizione del sole, durante l'intero anno, nelle ore del sistema italico: di tale sfera è stata poi individuata la simmetrica, rispetto al piano equatoriale, come già spiegato in precedenza; ottenute così le circonferenze simmetriche esse sono state intersecate con il modello della crociera ricavando così le curve italiche nell'intradosso della volta.

Esistono dei punti di intersezione noti tra le curve orarie italiche e quelle francesi sulla medesima sfera celeste.

Tale coincidenza geometrica è anche calcolabile in maniera analitica: il grafico sotto mostra la sovrapposizione dei delle linee dei due sistemi italico e francese (o locale) (4.26).

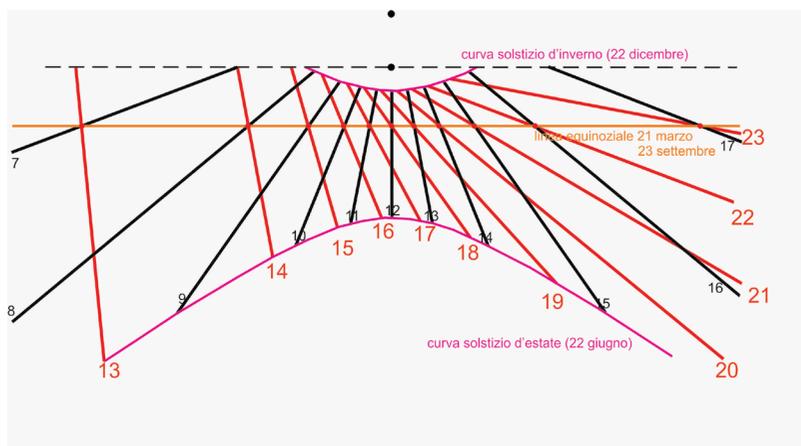
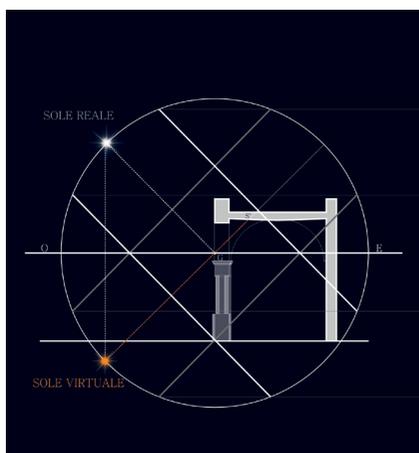
Quando il Sole è all'equinozio¹⁹

$$I = T + A$$

I = ora italica T = ora locale A = ore che mancano all'alba

4.25 - Modello geometrico di riflessione della luce per ottenere la corretta posizione del *Sole virtuale* (cfr. tav. 4 pag. 128).

4.26 - Quadrante con sovrapposizione del sistema italico in rosso e sistema francese in nero.

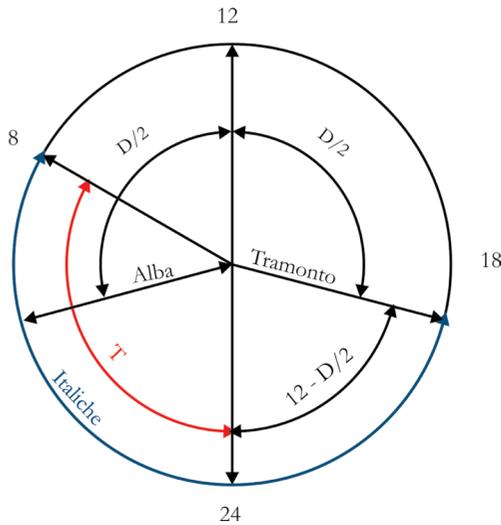


$D = 12$ $D =$ ore di luce

$$I = T + 6$$

Sole	T	Italiche
Sorge	6	12
Transita	12	18
Tramonta	18	24

T Ore moderne Ore Italiche = $T + (12 - D/2)$



Quando il sole è all'orizzonte all'alba

$$T = 12 - \frac{D}{2}$$

$$I = 2T$$

Tabella di conversione da ore francesi a italiche													
TVL	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
D/2	Ore italiche												
5	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1
6	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
7	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23

Conoscendo il valore dell'arco semidiurno $D/2$ si può applicare la seguente formula per calcolare l'ora italica corrispondente a l'ora vera locale.

$$I = T + \left(12 - \frac{D}{2}\right)$$

Si calcola l'ora italica per tre valori interi di $D/2$

conoscendo il valore dell'arco semidiurno :

$$\text{l'arco semidiurno} \quad \frac{D}{2} = \text{Ar} \cos(-\text{Tg } \delta \cdot \text{Tg } \alpha)$$

conoscendo il valore dell'arco semidiurno si può applicare la seguente formula per calcolare l'ora vera locale corrispondente all'ora italica:

$$I = T + 12 - \frac{D}{2}$$

I = ora italica T ora vera locale

Si calcoli il valore della declinazione per tre valori di $D/2$ interi con una latitudine di $45^\circ 44'$ (latitudine di Alzano Lombardo).

Dopo aver trasformato $D/2$ in gradi. Si applica la formula

$$\text{Tg } \delta = - \frac{\cos \frac{D}{2}}{\text{Tg } \alpha}$$

A questo punto è possibile tracciare le linee orarie e le relative curve diurne (-14,51-0 14.51) in blu con le ore francesi come da tabella. E' possibile notare che l'ora italica 14 incontra la linea diurna corrispondente alla de-

clinazione solare di $-14,51^\circ$ (relativa alla data del 9 febbraio) alle ore 7.00 del sistema francese, la retta diurna degli equinozi alle ore 8.00 e la curva

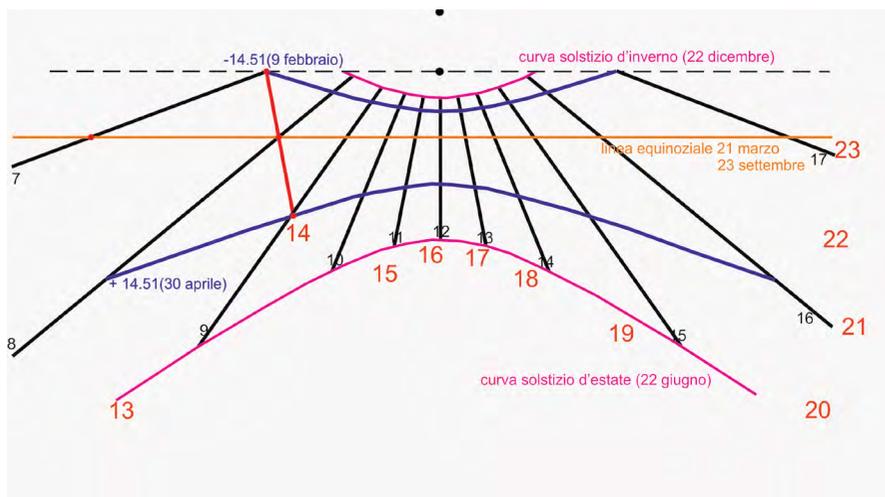
D/2	Declinazione
5	-14,51
6	0,00
7	14,51

diurna corrispondente alla declinazione solare di $+14,51^\circ$ (relativa all'incirca alla data del 30 Aprile) alle ore 9.00 (fig. 4.27).

In maniera analoga la retta corrispondente all'ora italica 15 incontra le suddette linee diurne (in blu nel diagramma)rispettivamente alle ore francesi 8.00, 9.00 e 10.00.

Di seguito è riportato il grafico che mostra la sovrapposizione dei due sistemi orari italico (in rosso) e francese (in nero) in un quadrante solare piano.

Si noti come, lungo la linea dell'equinozio i due sistemi presentano l'evidente coincidenza delle rette orarie, a meno di 6 ore, scarto che costituisce appunto, in quella data, la differenza tra i due sistemi di misurazione del tempo (le ore 12.00 francesi coincidono con le ore 18 italiane, le ore 11.00 francesi coincidono con le ore 17 italiane e così via). Altra significativa coincidenza tra i due sistemi di misurazione del tempo si verifica quando la declinazione del sole raggiunge i valori $-14,51^\circ$ (9 febbraio) e $+14,51^\circ$ (30 aprile) definite nel grafico dalle due iperboli blu: in tali date accade che

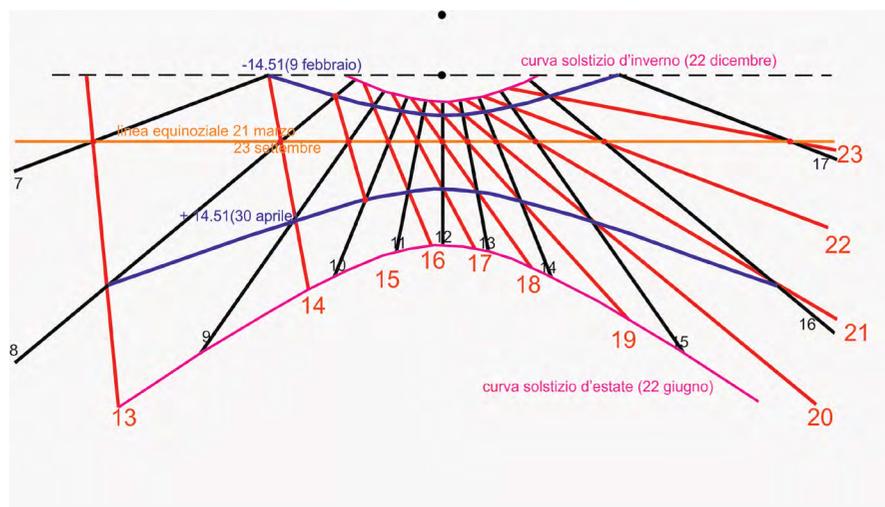


4.27 - Individuazione dei punti di intersezione noti (con declinazione positiva e negativa di 14.51) tra sistema italico e sistema francese.

le ore francesi presentino costantemente una differenza rispettivamente di n.7 ore e n.5 ore con le corrispondenti italiane (fig. 4.28). Per disegnare i cerchi italiani orari sulla sfera celeste di Alzano Lombardo sono state appunto considerate la suddette coincidenze in prossimità delle date indicate, imponendo il passaggio della circonferenza italiana nelle ore e nei giorni in cui, come dalla tabella superiore, avvengono sempre le intersezioni tra le corrispondenti rette orarie dei due sistemi. Tale sistema ha permesso di ottenere una sfera celeste in cui fossero presenti contemporaneamente i due sistemi orari.

4.11 Sperimentazioni catottriche per l'inserimento del nuovo gnomone.

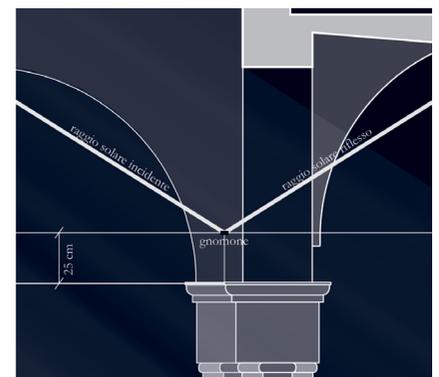
Tramite le stesse operazioni di riflessione ed intersezione delle superfici luminose con il modello 3d della volta a crociera (adottate già in precedenza per il sistema francese), ciascun piano luminoso passante per una circonferenza oraria del sistema italiano ha determinato per intersezione una corrispondente curva gobba lungo la superficie cilindrica della volta. Tale operazione è stata compiuta in base ad una supposta posizione dello specchio gnomonico, valutata come la migliore al seguito di numerosi tentativi si è giunti infatti ad affermare che lo specchio dovrebbe essere collocato nella mezzeria di una catena posta ad una quota di 25 cm dal piano di imposta dell'arco, lungo l'asse verticale passante per la chiave del semicerchio più esterno dello spessore murario, ovvero quello rivolto ver-



4.28 - Quadrante con sovrapposizione di ore italiane ed ore francesi ed individuazione delle curve di declinazione positiva e negativa di 14.51.

so il chiostro e la fontana (fig. 4.29). Particolare attenzione è stata prestata per il ridisegno dell'andamento delle curve che contrassegnano il passaggio dell'Astro per le Costellazioni dello Zodiaco. Essendo già noti i mesi ed i giorni in cui il Sole entra in ogni singola costellazione, per ciascuna di esse è stata calcolata la sua effemeride. Dal greco *Ephemeron*, che significa *giornaliero*, le tabelle o grafici delle effemeridi forniscono le posizioni del sole sulla sfera celeste giorno dopo giorno e gli istanti di levata, tramonto e transito degli altri corpi celesti quali, Luna, Pianeti, Asteroidi, Comete e Stelle, calcolati per la longitudine, la latitudine e l'altezza sul livello del mare della località prescelta. Per determinare gli orari dell'alba e del tramonto del Sole in un determinato giorno occorre conoscere la durata del dì e l'istante del transito al meridiano delle ore 12 per un dato giorno dell'anno ed una data posizione geografica. Le tabelle delle effemeridi corrispondenti alla latitudine di Alzano Lombardo ci hanno fornito dunque la declinazione del Sole per nei giorni di inizio di ciascuno del 12 segni zodiacali e per l'anno considerato (2012). Il calcolo è stato eseguito per l'anno in cui è stato disegnato l'orologio (1749) per l'anno in cui è stata inserita la conversione italica (1800) e per l'anno in cui è stato eseguito il lavoro di ricerca (2012). Dai grafici di calcolo (fig. 4.30) si evince che siano minimi gli scarti tra i diversi anni per cui è stato preso come riferimento l'anno 2012²⁰. Tali valori sono stati applicati nella determinazione, sulla sfera celeste di Alzano Lombardo, delle circonferenze diurne corrispondenti alle suddette date, che giacciono tutte in piani paralleli a quello degli equinozi, inclinato come detto già in precedenza, in base alla latitudine del luogo. Tali circonferenze diurne coincidono ciascuna con la base di un cono circolare retto avente il vertice nella punta dello gnomone: ogni cono così individuato, nell'intersezione con le superfici cilindriche della volta a crociera, ha determinato il tracciamento della curva gobba corrispondente alla relativa data dello Zodiaco. Di seguito alcune delle tabelle che hanno permesso di calcolare il valore della declinazione del Sole nelle date indicate dallo Zodiaco (fig. 4.31).

4.29 - La posizione dello specchio riflettente grazie al quale è possibile rimettere in funzione l'orologio solare (cfr. tav. 4 pag. 128).



PARTE TERZA

Gli orologi solari di Alzano Lombardo

Anno : 1740 Mese : Gennaio Nazione : Itay Città : Bergamo

Calcola la visibilità e l'effemeridi solo dall'anno 1 a 6500 d.C. Dopo la variazione premiare il tasto Invio (Enter)

Il Sole sorge, culmina e tramonta a ...

Bergamo (Italy) E009°39'44" - N45°42'10" - 249 metri s.l.m. - Fuso Orario GMT+1

Per altezza s.l.m.=0 (Clic imposta, tasto Tab elabora)

Table with 11 columns: Data, Sorse, Azim., Culin., Altezza, Tram., Azim., Inizio Crep., Fine Crep., A.R., Declin. for January 1740.

Anno : 1800 Mese : Gennaio Nazione : Itay Città : Bergamo

Calcola la visibilità e l'effemeridi solo dall'anno 1 a 6500 d.C. Dopo la variazione premiare il tasto Invio (Enter)

Il Sole sorge, culmina e tramonta a ...

Bergamo (Italy) E009°39'44" - N45°42'10" - 249 metri s.l.m. - Fuso Orario GMT+1

Per altezza s.l.m.=0 (Clic imposta, tasto Tab elabora)

Table with 11 columns: Data, Sorse, Azim., Culin., Altezza, Tram., Azim., Inizio Crep., Fine Crep., A.R., Declin. for January 1800.

Anno : 2012 Mese : Gennaio Nazione : Itay Città : Bergamo

Calcola la visibilità e l'effemeridi solo dall'anno 1 a 6500 d.C. Dopo la variazione premiare il tasto Invio (Enter)

Il Sole sorge, culmina e tramonta a ...

Bergamo (Italy) E009°39'44" - N45°42'10" - 249 metri s.l.m. - Fuso Orario GMT+1

Per altezza s.l.m.=0 (Clic imposta, tasto Tab elabora)

Table with 11 columns: Data, Sorse, Azim., Culin., Altezza, Tram., Azim., Inizio Crep., Fine Crep., A.R., Declin. for January 2012.

Table with 11 columns: Data, Sorse, Azim., Culin., Altezza, Tram., Azim., Inizio Crep., Fine Crep., A.R., Declin. for January 2012.

Table with 11 columns: Data, Sorse, Azim., Culin., Altezza, Tram., Azim., Inizio Crep., Fine Crep., A.R., Declin. for March 2012.

Table with 11 columns: Data, Sorse, Azim., Culin., Altezza, Tram., Azim., Inizio Crep., Fine Crep., A.R., Declin. for August 2012.

4.30 - 4.31 - tabelle per il calcolo delle effemeridi.

4.12 Analisi e comparazione delle curve diurne e orarie.

Alcune significative analisi sono state condotte comparando il sistema delle curve diurne ed orarie individuate nel modello teorico di quadrante derivato dalla sfera celeste e dal metodo dei cono luminosi con quello ottenuto dai dati del rilievo effettuato in loco.

Per semplicità di esposizione isoleremo ciascun sistema orario, cominciando dal metodo italico di misurazione del tempo, che corrisponde con l'originario disegno delle curve del tempo lungo l'intradosso della volta, solo successivamente integrato dalle curve delle ore francesi.

L'orologio considerato segna le ore italiane (rappresentate con linee nere) dall'ora 18ma all'ora 23ma. La sovrapposizione tra i due modelli di quadrante ha permesso di riscontrare una sostanziale congruenza tra i due sistemi di curve gobbe, a meno di alcuni piccoli scostamenti tra la posizione di alcune delle curve orarie comparate (fig. 4.32).

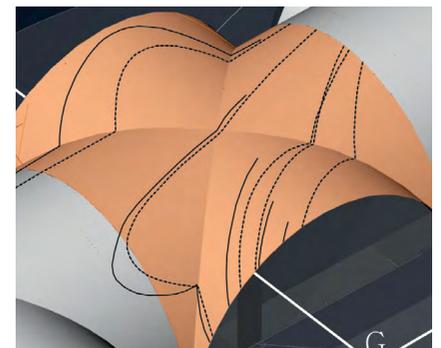
Tale margine di errore, di circa 2 centimetri, è riscontrabile solo in alcuni punti delle curve derivate dalla simulazione tridimensionale dell'orologio attraverso la sfera celeste ed è qui stato considerato trascurabile se si tiene conto delle seguenti osservazioni:

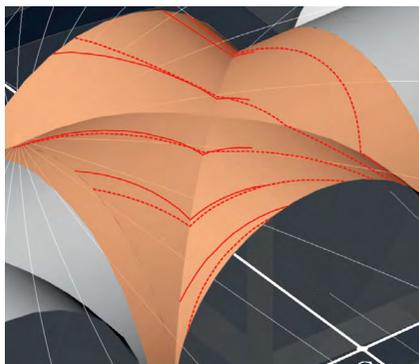
- i due modelli comparati in ambiente virtuale utilizzano uno spessore di linea predefinito, di solo pochi millimetri, e dunque notevolmente inferiore rispetto alla realizzazione decorativa delle curve reali dipinte lungo la superficie della volta a crociera, il cui spessore è di circa 2 cm ciascuna;
- esiste una decorazione scultorea sovrapposta al reale intradosso della volta a crociera, riscontrata nel punto centrale comune alle quattro unghie, che, varia leggermente l'andamento cilindrico della superficie e ne riduce di circa 6 centimetri l'altezza in quel punto;

- il diametro dell'originario specchietto catottrico era di circa 5 cm ed il suo riflesso al di sotto della volta, tendeva a divenire un punto luminoso di area sempre crescente in particolare nei punti i raggi riflessi risultano maggiormente inclinati rispetto alla superficie di contatto della volta. Ciò comporta che, tale figura luminosa (geometricamente definibile come una curva gobba di intersezione tra il cilindro di raggi luminosi riflessi avente come base circolare il perimetro dello specchietto gnomonico e la superficie cilindrica delle unghie), possa rendere non apprezzabile il discostamento di pochi centimetri tra le due curve orarie comparate in quanto in grado di toccarle entrambe all'interno della sua piccola area luminosa;

Successivamente sono state analizzate comparativamente le curve appartenenti al sistema orario francese che, come già detto in precedenza, sono

4.32 - Sovrapposizione delle curve italiane dei due modelli. Le curve tratteggiate derivate dal modello della sfera celeste e dal metodo dei cono luminosi e le curve continue ottenute dai dati del rilievo (cfr. tav. 4 pag. 128).





4.33 - 4.34 - Sovrapposizione delle curve francesi (in alto, cfr. tav. 5 pag. 129) e delle curve diurne zodiacali (in basso, cfr. tav. 6 pag. 130) dei due modelli.

Le curve tratteggiate sono derivate dal modello della sfera celeste e dal metodo dei coni luminosi, le curve continue sono ottenute dai dati del rilievo.

ascrivibili a un intervento pittorico successivo, necessario per adattare l'orologio ai nuovi conteggi orari (fig. 4.33).

La coincidenza tra le curve è pressoché assoluta, con lievi scostamenti che possono sempre essere giustificati dalle precedenti considerazioni tenendo presente le sopraelencate osservazioni.

In ultimo è stato considerato il sistema di curve diurne, nel nostro quadrante associate al passaggio del Sole per le costellazioni dello Zodiaco (fig. 4.34).

L'analisi comparativa ha in questo caso evidenziato alcune discordanze: il sistema di curve derivato dalle intersezioni con i coni luminosi che partono dalla sfera celeste risulta ruotato di circa 3° gradi rispetto alle corrispondenti curve diurne rilevate lungo la superficie della volta.

Sono inoltre state riscontrate alcune significative discordanze tra il tracciamento di tali curve e le dovute intersezioni con il sistema italico in alcuni punti significativi.

Il grafico (fig. 4.28) mette in evidenza il corretto andamento delle linee del sistema italico e del sistema francese e il corretto posizionamento delle linee in prossimità della linea dell'equinozio.

E' in questo punto che deve assolutamente verificarsi la già citata intersezione tra le rette orarie dei due sistemi, che in tale data risultano sfalsati di sei ore se si apportano le dovute conversioni (ore 12.00 francesi corrispondenti alla 18ma italica nel giorno degli equinozi e così via).

Lo schema delle coincidenze del grafico superiore deve ritenersi valido per qualsiasi quadrante, indipendentemente dalla geometria della superficie che ospita il tracciamento delle curve del tempo.

La linea equinoziale, che deriva dal modello della sfera celeste, si trova invece tra le due linee azzurre del dipinto rilevato, contraddistinte rispettivamente con la dicitura di *mezzana notte ore 4 1/2* e la dicitura *tra mezzana notte ore 5 1/2*.

E' da considerarsi con il termine *mezzanotte* la ventiquattresima ora francese (la moderna mezzanotte), termine sicuramente non in uso all'epoca dell'adozione del sistema ad ora italiane e dunque ascrivibile a un intervento pittorico di modernizzazione successivo. Nel giorno dell'equinozio il tramonto del sole avviene alle ore 18.00, le ore 6 p.m., di conseguenza l'orologio annuncia che "mancano 6 ore alla mezzanotte" ($24 - 18 = 6$), tuttavia in corrispondenza di una curva non esatta perché non contenente i punti di intersezione precedentemente descritti.

Il grafico successivo mostra il corretto andamento delle linee ed individua con una curva tratteggiata in colore arancio la più corretta posizione della

curva diurna equinoziale (fig 4.35), contenente i punti di intersezione dei due sistemi orari, che risulta notevolmente discosta dalla reale curva dipinta in azzurro, contrassegnata dai due segni equinoziali della bilancia e come descritto precedentemente la curva arancione connette i punti in cui i due sistemi italice-francese coincidono.

Altra curva da evidenziare è quella tratteggiata in blu che attesta un ulteriore momento dell'anno in cui i due sistemi orari presentano inderogabili coincidenze la cui data è quella del 30 Aprile, corrispondente a una declinazione solare di $+14^{\circ}.51'$.

La curva erroneamente definita nel quadrante come curva equinoziale è da considerarsi invece come il disegno di una diversa curva diurna, corrispondente a una data compresa tra i due periodi citati in poc'anzi. In essa il Sole tramonta alle 18.30 per cui mancano cinque ore e mezza alla mezzanotte.

4.35 - Schema del quadrante dell'orologio solare pomeridiano con individuazione delle curve orarie.

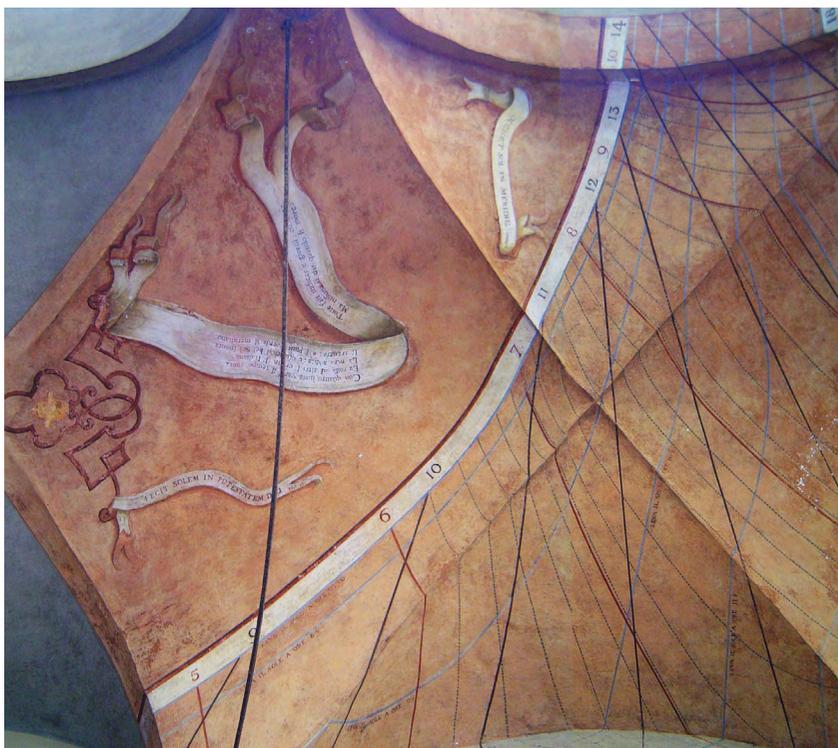


zanotte francese, e tale coincidenza si verifica generalmente intorno al 25 marzo.

4.13 La luce mattutina dell'orologio catottrico esposto a ovest.

Il secondo orologio solare catottrico occupa il lato ovest del chiostro; tale quadrante, dipinto con tecnica pittorica analoga a quello che si trova nel braccio opposto del chiostro, consente il conteggio del tempo a partire dalle ore 5.00 del mattino e fino alle ore 11.00, calcolate secondo il sistema francese. Dalle ore 12.00 e le ore 13.00 i raggi del sole sono quasi perpendicolare alla superficie orizzontale dello specchio e tale inclinazione ne rende impossibile la riflessione. Anche questo quadrante è costituito da un intreccio di linee che individuano tre differenti schiere di curve, differenziate per colore (fig. 4.36).

Le curve rosse indicano le ore italiane, le curve nere il sistema francese introdotto da Napoleone e le curve azzurre indicano all'osservatore le ore di levata del sole (alba) in determinati giorni dell'anno; in ultimo, è presente una quarta schiera di curve tratteggiate in verde



4.36 - Il quadrante dipinto dell'orologio catottrico posto sul lato ovest del chiostro.

che indica il passaggio al mezzogiorno (francese) del Sole lungo i meridiani delle località scritte all'interno dei cartigli decorati al termine di ogni linea. Il quadro si compone di ulteriori motti e una quartina riguardante la lettura nuova dell'orologio, in modo tale da fornire all'osservatore la chiave interpretativa dell'intero sistema orario. Essa canta così(fig. 4.37):

*«Con quattro linee varie il tempo conta:
la rossa ad altri, l'ore a l'italiano
la nera addita: e quando il bel sol sponda
l'azzurra: e i punti verdi il meridiano».*

seguito dallo stesso cartiglio che voluttuosamente accoglie l'altra rima:

*«Tutte san indicar e giorni ed ore;
ma nissuna sa dir quando si more».*

Altri cartigli contengono motti dedicati al Sole in lingua latina:

«Fecit solem in potestatem diei» (Fece il Sole per regolare il giorno)

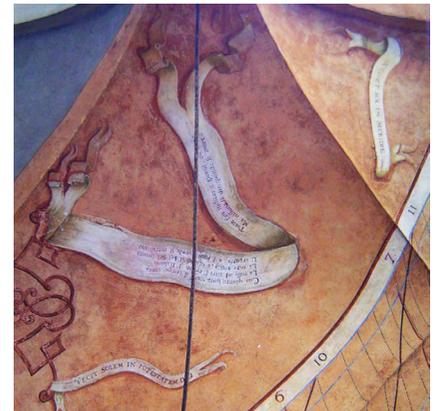
«Occidet Sol in meridie» (il Sole cala a mezzogiorno).

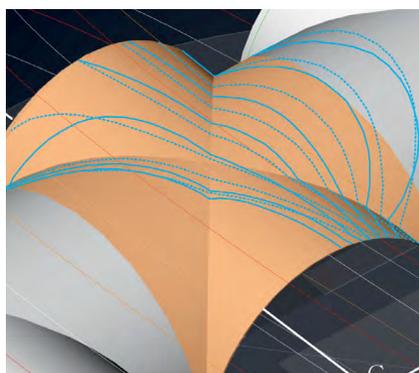
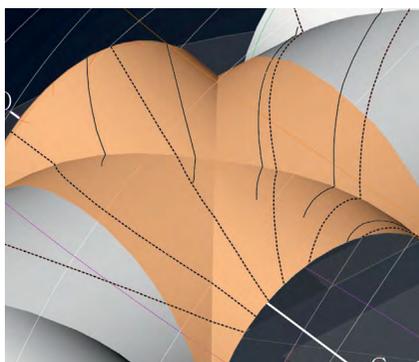
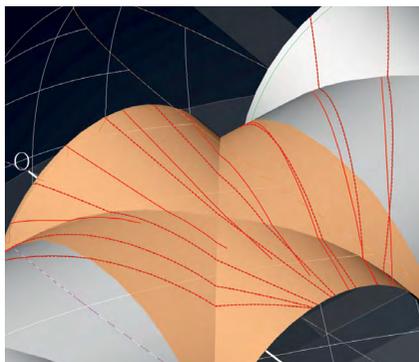
Un medaglione posto sulla parete laterale dell'orologio ospita invece un elegante sonetto dedicato al "nobil uomo FERNANDO BONFRATELLO conte di Roncenilla" (fig. 4.38). Il testo osanna la nobile arte di misuratori del tempo di questi orologi, oltre che a contenere indicazioni riguardo la loro realizzazione (datata nel 1749), informazione tuttavia attinta da fonti bibliografiche poichè fenomeni di rigonfiamento dell'intonaco in quel punto ne hanno compromesso la lettura diretta durante il sopralluogo di rilievo.

4.14 Analisi e studio delle curve dipinte ed osservazioni finali.

Per il riconoscimento della curva equinoziale è stata considerata in prima analisi la curva in cui i due sistemi italo-francese si intersecassero in modo tale che le ore 10.00 francesi coincidessero con le ore 16.00 italiane, le ore 9.00 francesi coincidessero con le ore 15 italiane, le ore 8.00 francesi con le ore 14 italiane, infine dalle ore 7.00 francesi con le ore 13 italiane.

4.37 - 4.38 - I motti dipinti nei cartigli del quadrante e il medaglione commemorativo.





4.39 - 4.41 - Modelli virtuali in cui viene evidenziata la sovrapposizione delle curve italiane (in alto, cfr. tav. 7 pag. 131) delle curve francesi (schema nel mezzo, cfr. tav. 8 pag. 132) e delle curve diurne zodiacali (in basso, cfr. tav. 9 pag. 133) dei due modelli.

Le curve tratteggiate sono derivate dal modello della sfera celeste e dal metodo dei coni luminosi, le curve continue sono ottenute dai dati del rilievo.

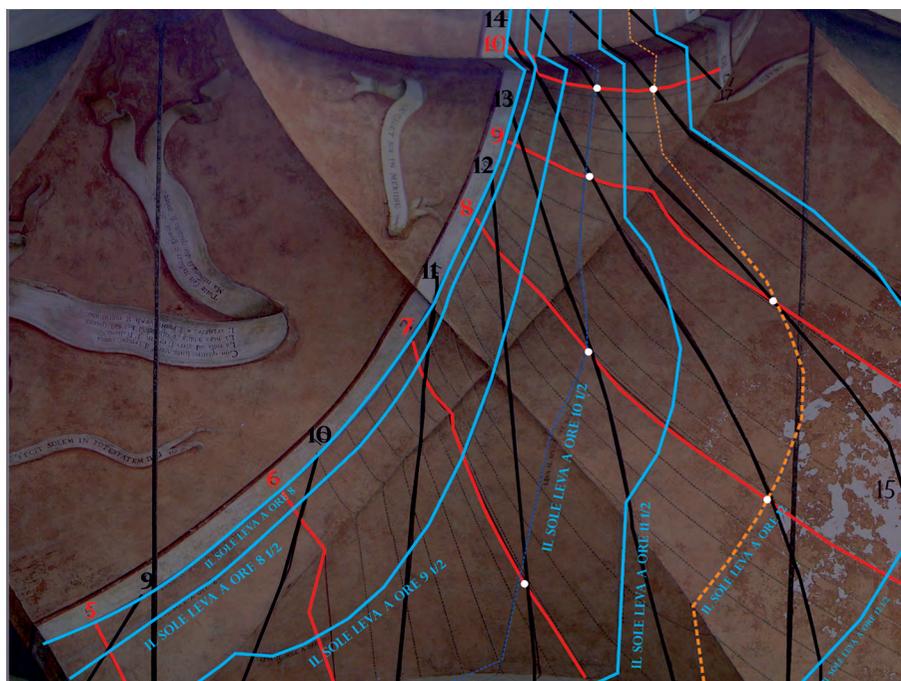
4.42 - Schema linee orarie del quadrante mattutino, situato nella crociera sul lato ovest del chiostro.

Anche per questo orologio è stata utilizzata la stessa metodologia di comparazione dei due modelli digitali tridimensionali, ovvero, quello derivato dal rilievo diretto e quello ottenuto dalle intersezioni con i coni e i piani luminosi individuati sulla sfera celeste.

Sia per il sistema italico (fig. 4.39) che per quello francese (fig. 4.40) è stato riscontrato un andamento analogo delle linee nei due modelli considerati e dunque anche in questo secondo quadrante si considera trascurabile il margine di errore di pochi centimetri che differenzia alcune curve derivate dalle intersezioni con le superfici luminose della sfera celeste dalle corrispondenti linee rilevate sulla volta.

Le linee azzurre in questo quadrante indicano, secondo il conteggio italico, alcuni particolari giorni dell'anno nei quali è possibile individuare con precisione l'orario di levata del sole, ovvero dell'alba: si tratta dunque di curve diurne, tra le quali è stato possibile individuare quella corrispondente agli equinozi di primavera e di autunno, nell'immagine sottostante evidenziata con il colore arancione, nei quali l'alba deve necessariamente avvenire, secondo il sistema italico, alle ore 6.30 francesi, corrispondenti alle ore $6.30 + 6 = 12.30$ (fig. 4.41).

Con un tratteggio blu è indicata la linea diurna corrispondente alla data in cui si verifica l'ulteriore coincidenza dei due sistemi italico-francese, ove le ore 10.00 francesi coincidono con le ore 15 italiane (fig. 4.42), le ore 9.00



francesi con le ore 14 italiane, le ore 8.00 francesi con le ore 13 italiane, le ore 7.00 francesi con le ore 12 italiane. E' questo il punto il Sole possiede la declinazione positiva di 14.51° , corrispondente al 30 aprile.

Il lato del chiostro posto a Sud invece ospita, nell'intradosso della terza crociera, un'ulteriore affresco scientifico, ovvero un'originalissima rosa dei venti, spesso agli orologi solari come strumento necessario per misurare e controllare gli eventi naturali.

La rosa dei venti è inserita in uno spazio blu cobalto, che rievoca il cielo, all'interno del quale si dispongono in circolo una schiera di leggiadri puttini che, soffiando verso il centro l'ago, evidenziano metaforicamente la funzione dello strumento. Altri putti, invece, reggono tra le mani dei cartigli sui cui sono scritti sonetti o motti riguardanti il vento (fig. 4.43).

Purtroppo, a causa di fenomeni di rigonfiamento e parziale distacco dell'intonaco, quasi tutti i quattro motti presenti sui cartigli sono di difficile lettura (fig. 4.44). E' tuttavia possibile decifrare il cartiglio in alto a sinistra, che reca scritto un passo della Bibbia :

«*Formans montes et creans ventos*», ripreso dal seguente passo : «... quia ecce formans montes et creans ventum et adnuntians homini eloquium suum faciens matutinam nebulam et gradiens super excelsa terrae Dominus Deus exercituum nomen eius.»²¹.

Riguardo invece l'apparato decorativo necessario per la classificazione del-

4.43 - 4.44 - La rosa dei venti nel chiostro di Santa Maria della Pace e le crociere sul lato sud del chiostro che ospitano l'incantevole strumento.



la tipologia di vento che soffiava, l'affresco presenta un grande cerchio il cui centro doveva essere occupato (così come lo stesso esempio rinvenuto nella villa Colleoni a Calusco d'Adda in provincia di Bergamo) dalla bussola che orientandosi in base alle folate di vento ne indicava il nome ad esso riferito.

La Rosa dei Venti, disegnata su quasi tutte le carte, indicava i quattro punti cardinali e quelli intermedi, e quando era completa suggeriva le trentadue direzioni ossia i trentadue venti che soffiavano da quelle direzioni, prendendo l'isola di Malta come riferimento centrale. Disegnate all'interno di un cerchio, quelle trentadue direzioni della bussola o dei venti assomigliavano ad una rosa con trentadue petali. Ancora oggi il cerchio che nelle carte geografiche indica le direzioni è noto come la Rosa dei Venti e il nord vi è segnato con una freccia o talvolta con il simbolo del giglio (la casa reale francese).

E' molto interessante vedere come nella simbologia Cristiana le rose dei venti divengono naturalmente rappresentazione di una croce, e cioè simbolo del supplizio al quale erano condannati i banditi, e lo stesso Cristo. La croce rappresenta anche il numero 4 che evoca a sua volta l'unione dei contrari (sopra- sotto, destra- sinistra). Nella concezione più universale la vita stessa, poiché la linea dell'orizzonte rappresenta la terra e quindi l'ambiente dell'uomo, e la linea verticale è la via dell'uomo dal basso all'alto cioè dalla nascita alla morte, oppure è vista come l'ascesa dell'anima verso i cieli. Esiste anche l'interpretazione del tempo, vale a dire che la linea verticale rappresenta il passato in basso, il presente all'incrocio con la linea orizzontale, e il futuro in alto. Inoltre il 4 è il numero simbolo della natura, le stagioni, gli elementi (aria, acqua, fuoco e terra) i punti cardinali.

Il cerchio è diviso in otto spicchi, di cui quattro disposti lungo i punti cardinali, che indicano i seguenti venti:

Tramontana, che spira a Nord (N 0°), anche detto settentrione o mezzanotte;

Levante, che spira a Est (E 90°), anche detto oriente;

Ostro, che spira a Sud (S 180°), anche detto meridione o mezzogiorno;

Ponente, che spira ad Ovest (W 270°), anche detto occidente o ponente.

Tra i quattro venti principali sono fissati quattro punti che definiscono i venti intermedi:

- Greco, che spira a Nord-est (NE 45°), chiamato anche vento di grecale;
- Scirocco, che spira a Sud-est (SE 135°), chiamato anche garbino umido;
- Libeccio, che spira a Sud-ovest (SW 225°), chiamato anche garbino secco;
- Maestrone, che spira a Nord-ovest (NW 315°), chiamato anche carnesein.

Ogni vento è ulteriormente diviso in quattro spicchi all'interno dei quali si inseriscono a raggiera dei cartigli che ne indicano la tipologia. Per cui così come veniva disegnata anticamente la bussola reca, sullo sfondo, l'immagine di una rosa dei venti a 32 punte. L'orizzonte viene così frazionato in trentadue parti, che prendono il nome di quarte; esse servivano come unità di misura approssimativa nelle manovre di accostamento (es: accosta due quarte a dritta)²².

Per la forma che si viene a determinare nel disegnarle, prendono anche il nome di rombi.

I nomi delle direzioni NE, SE, SO e NO derivano dal fatto che la rosa dei venti veniva raffigurata, nelle prime rappresentazioni cartografiche del Mediterraneo, al centro del Mar Ionio oppure vicino all'isola di Malta che diveniva così anche il punto di riferimento per indicare la direzione di provenienza del vento, ossia delle navi che anticamente erano spinte dai venti portanti, ossia da venti che provenissero dalla loro poppa (le andature all'orza vennero molto più tardi). In quella posizione, le navi che provenivano da NE, giungevano approssimativamente dalla Grecia, che comprendeva anche la parte meridionale delle coste balcaniche e la Turchia orientale, da cui il nome Grecale per la direzione NE-SO; da SE giungevano navi provenienti dalla Siria, da cui il nome Scirocco per il vento da SE; a SO vi è la Libia, nome che anticamente definiva anche la Tunisia e l'Algeria, da cui il nome Libeccio per il vento da SO verso NE. Infine da NO giungevano le navi salpate da Roma, che spesso circumnavigavano la Sicilia piuttosto che affrontare lo stretto di Messina; dalla Magistra, Roma, deriva il nome del vento che soffiava da NO, Maestrale: la via "maestra" era infatti, fin dall'epoca romana, la via da e per Roma.

Note

- ¹ P. Bargellini, *San Bernardino*, Cantagalli Edizioni, 2012, Elledici, Milano, 2008.
- ² ..si ebbero dunque nel nostro convento di S.Maria della Pace i seguenti Capitoli Provinciali nei quali risultarono eletti:
- 1) 22 Settembre 1617: Custode, il P. Bernardino Muzio de' Capitani da Bergamo;
- 2) 31 Ottobre 1630: Provinciale, il P. Piermaria Noli de Gherardi da Alzano;
- 3) 3 Luglio 1666: Provinciale il P. Leone Passera da Albegno;
- 4) 24 giugno 1684: Provinciale, il P. Fabiano Malanni da Edolo.....da Antichi Monasteri di Alzano di G.Pavoni, Stamperia Editrice Commerciale, Bergamo, 1973.
- ³ Archivio di Stato di Milano: Fondo Culto Religione, p.a. , n 1707.
- ⁴ Archivio di Stato di Venezia: Relazione Ufficiale inviata a Venezia da P. Cornelio d'Albino, guardiano del convento di S.Maria della Pace di Alzano il 16 Gennaio 1768.
- ⁵ Archivio di Stato di Bergamo: Imbreviatore di notai, notaio Francesco Carrara, anno 1818, n.1834 e n.196.
- ⁶ P. Oscar e O. Belotti, *Atlante storico del territorio bergamasco*, Monumenta Bergomensia, 2010.
- ⁷ Archivio di Stato di Bergamo, ibidem.
- ⁸ D. Bonata, *Antiche meridiane a riflesso*, da "l'Astronomia", Edizioni Quanta, Luglio 1997.
- ⁹ G. Medolago, *Calusco d'Adda*, Bergamo, 2007.
- ¹⁰ G. Agnelli, *Ripristinata una meridiana catottrica del '700 nel convento saveriano di san-cristo a brescia-citta'*, da Web Gnomonics! La prima rivista digitale italiana di Gnomonica, di Nicola Severino, 2004.
- ¹¹ *Note sull'iconografia cristiana*, Sereni Editore, 2012.
- ¹² G. Agnelli, *Memorie storiche della diocesi di Brescia*, in Brixia Sacra, terza serie, Studium Editore, Milano, Aprile 1997.
- ¹³ G. Gabardini, *Dio della terra, dio del cielo. Dalle religioni semitiche al giudaismo e al cristianesimo*, Paideia (collana Biblioteca di cultura religiosa), Flero (BS), 2005.
- ¹⁴ P. Lazzarin, *Il libro dei Santi. Piccola enciclopedia*, Edizioni Messaggero, Padova, 2007.
- ¹⁵ P. Lazzarin, *Il libro dei Santi. Piccola enciclopedia*, ibidem.
- ¹⁶ Restauro a cura dell'ingegnere Agnelli Giacomo.
- ¹⁷ La citazione è tratta da un passo dall'*Antico Testamento* (Salmi, 120, 6): "Per diem sol non percutiet te, neque luna per noctem" (trad. Di giorno non ti colpirà il sole, né la luna di notte.)
- ¹⁸ riferimento al capitolo III.
- ¹⁹ C. Urfalino, *Il Sole e le ombre*, 2002.
- ²⁰ www.marcomenichelli.it
- ²¹ *Bibbia Sacra Vulgata*, Amos 4, 9-13.
- ²² F. Fiori, *Anemos. I venti del Mediterraneo*. Mursia, Milano, 2012.

APPENDICE

ELABORATI GRAFICI

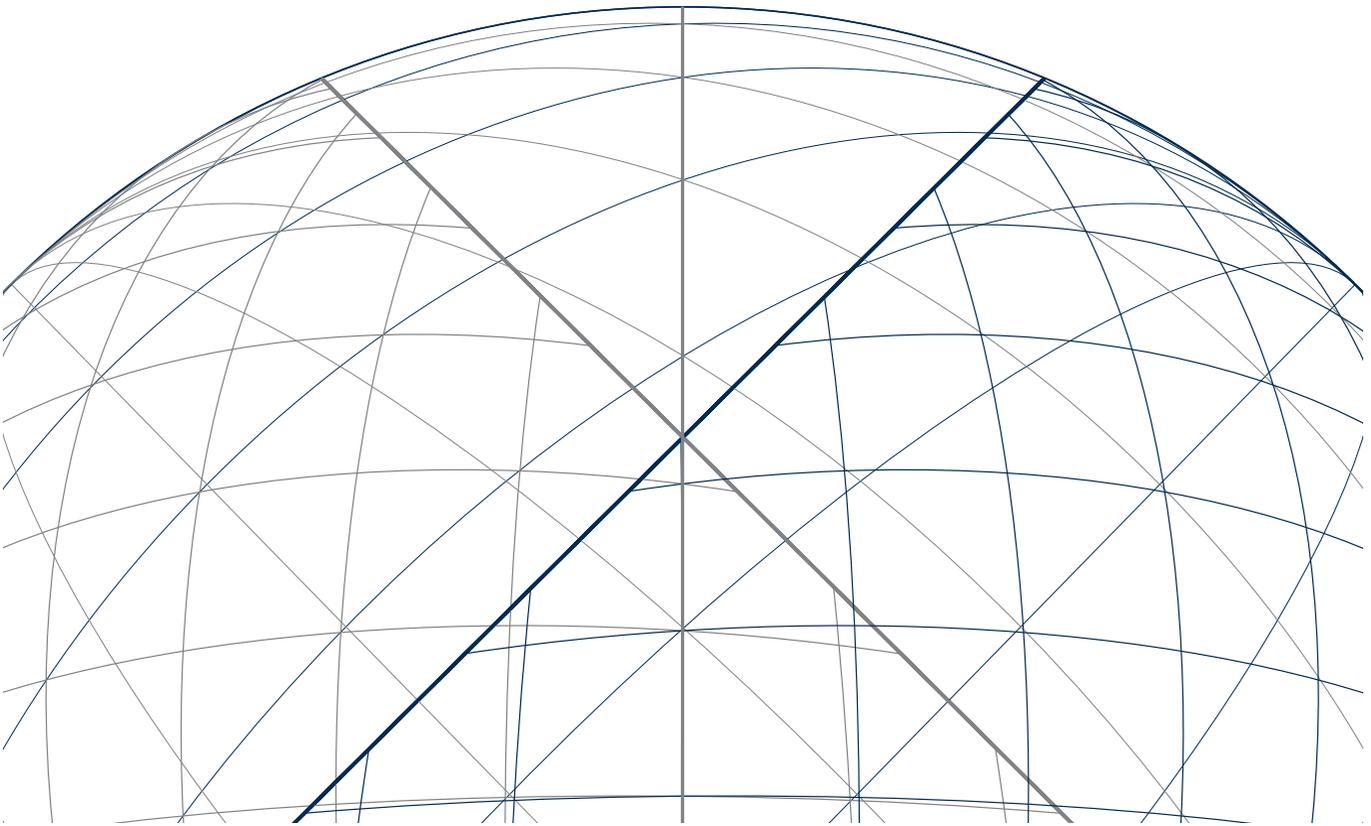


TAVOLA 1
Il complesso francescano di
Santa Maria della Pace ad Alzano

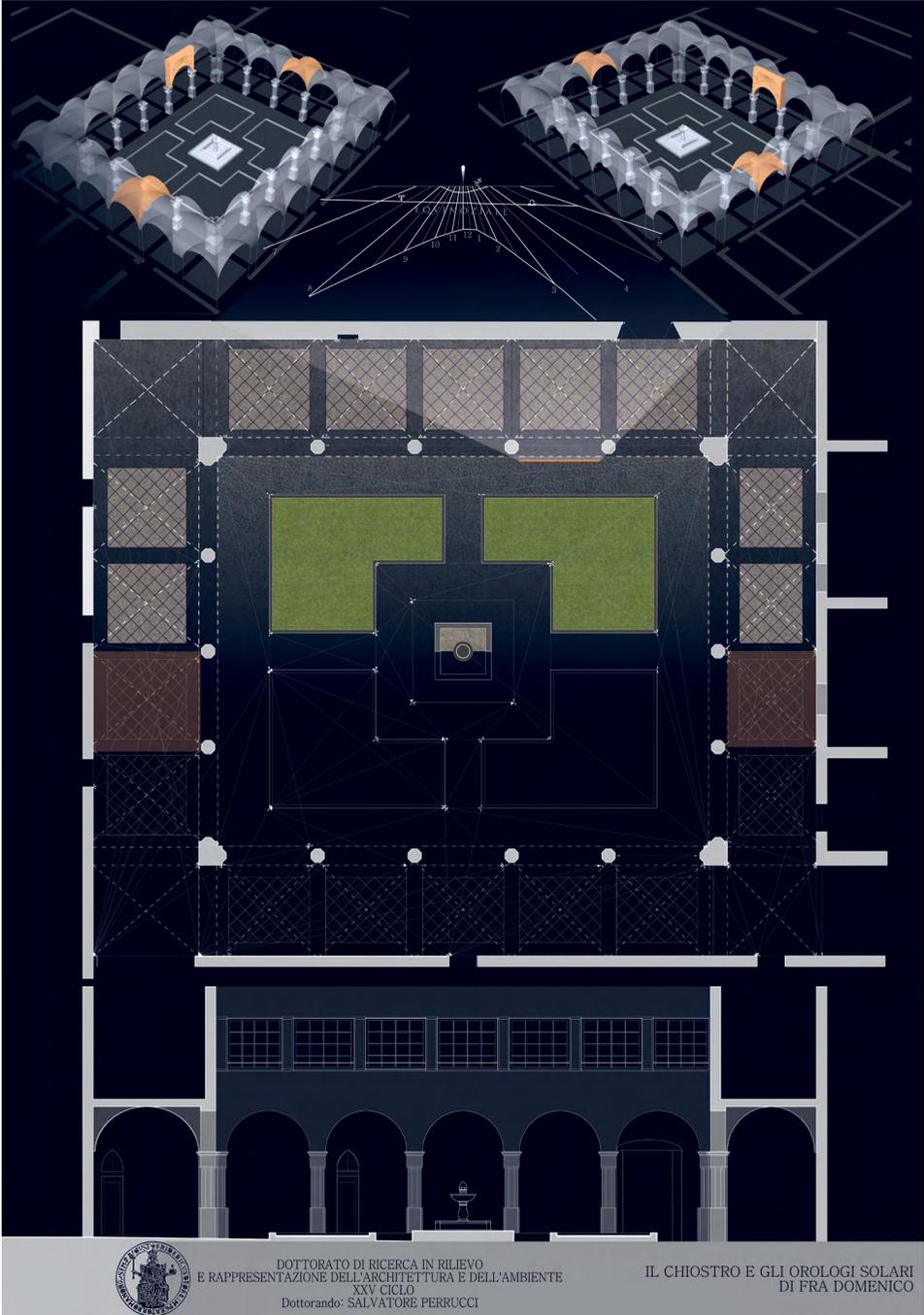


DOTTORATO DI RICERCA IN RILIEVO
E RAPPRESENTAZIONE DELL'ARCHITETTURA E DELL'AMBIENTE
XXV CICLO
Dottorando: SALVATORE PERRUCCI

IL COMPLESSO FRANCESCANO
DI SANTA MARIA DELLA PACE AD ALZANO

TAVOLA 2

Il chiostro e gli orologi solari di fra Domenico



DOTTORATO DI RICERCA IN RILIEVO
E RAPPRESENTAZIONE DELL'ARCHITETTURA E DELL'AMBIENTE
XXV CICLO
Dottorando: SALVATORE PERRUCCI

IL CHIOSTRO E GLI OROLOGI SOLARI
DI FRA DOMENICO

TAVOLA 3
Non errat superno lumine ductu

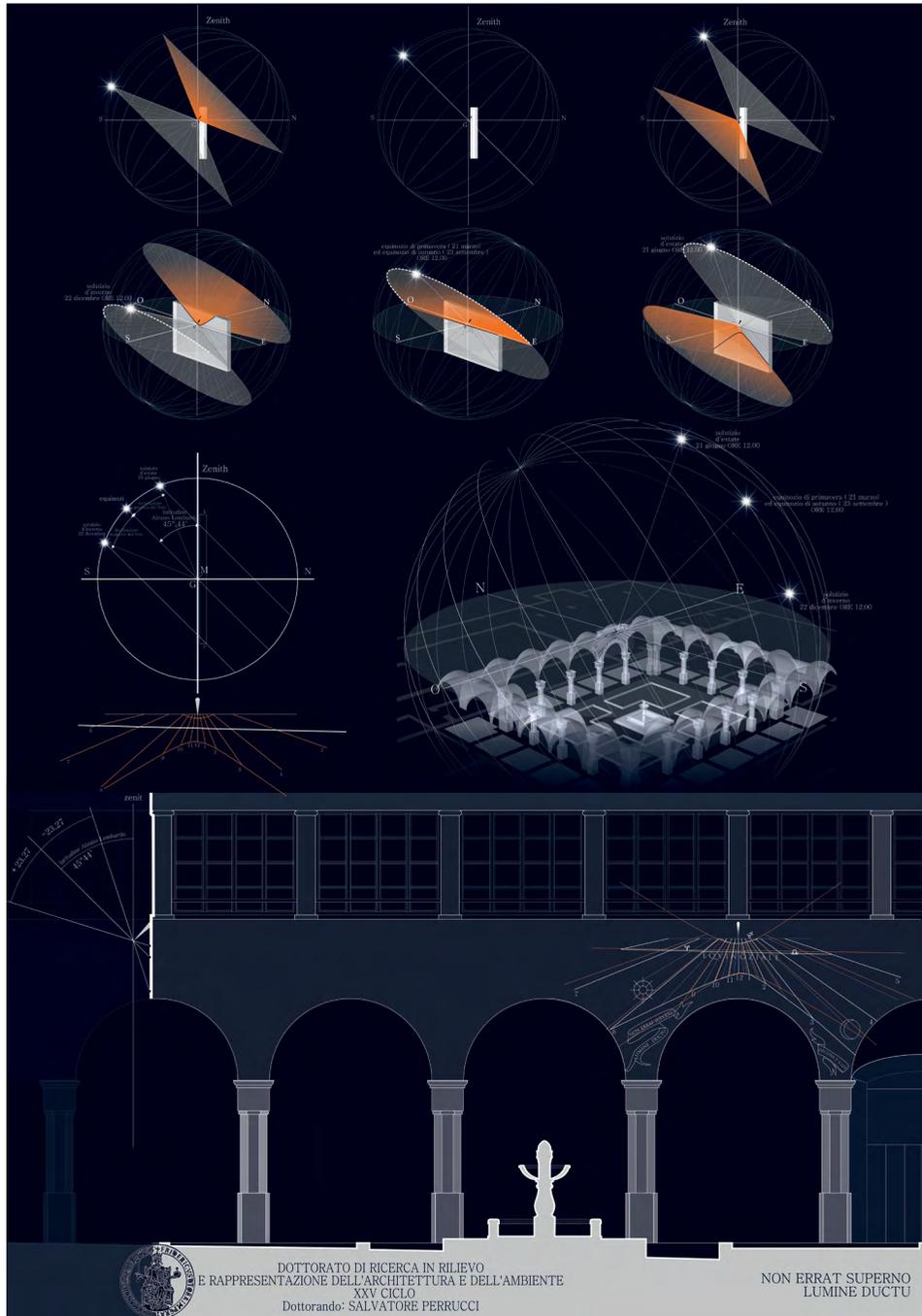
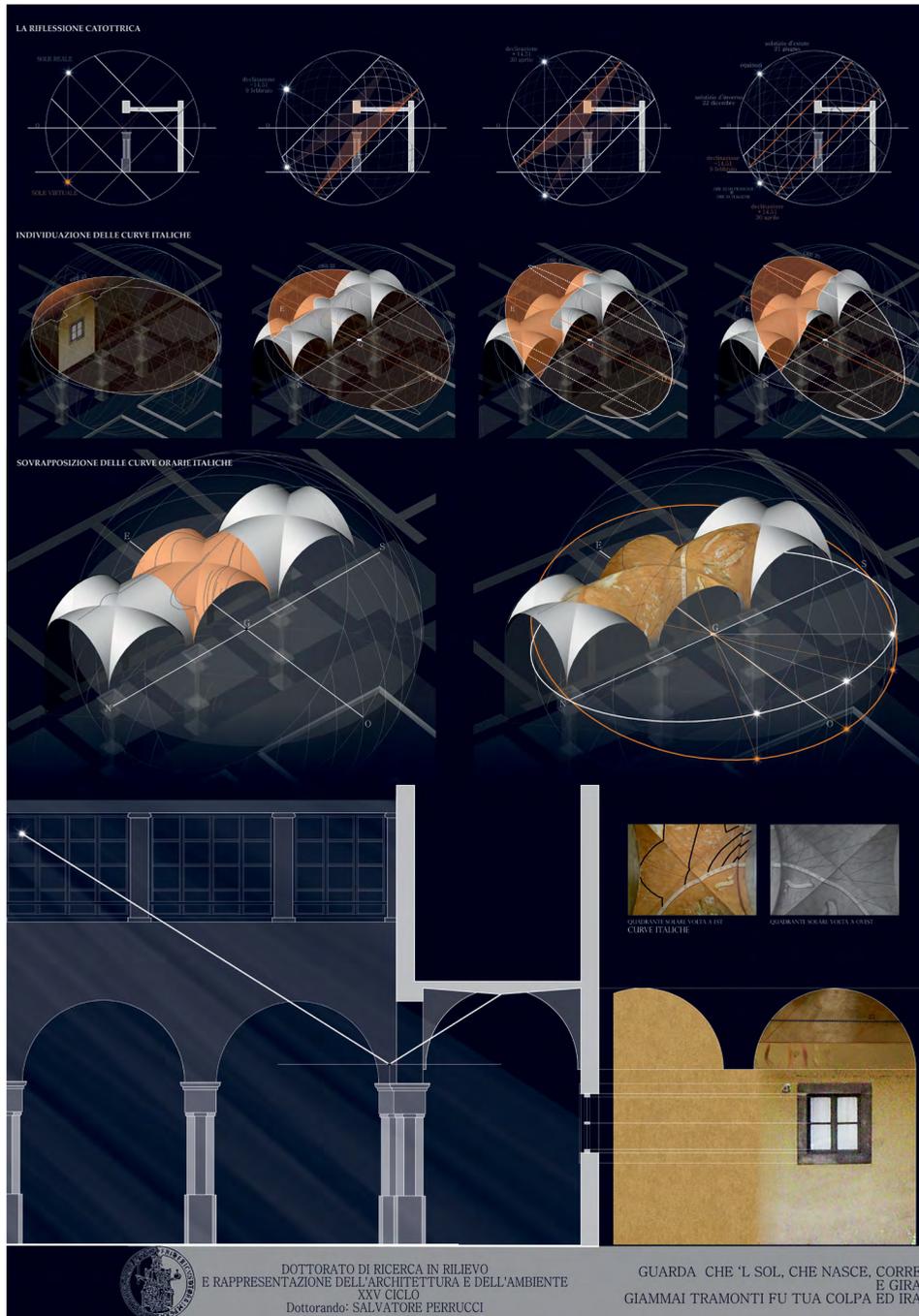


TAVOLA 4

**Guarda che'l sol che nasce,corre e gira,
giammai tramonti fu tua colpa ed ira**



Vedi l'ombra in passar quanto sia breve,
da l'ombra impara che morir si deve

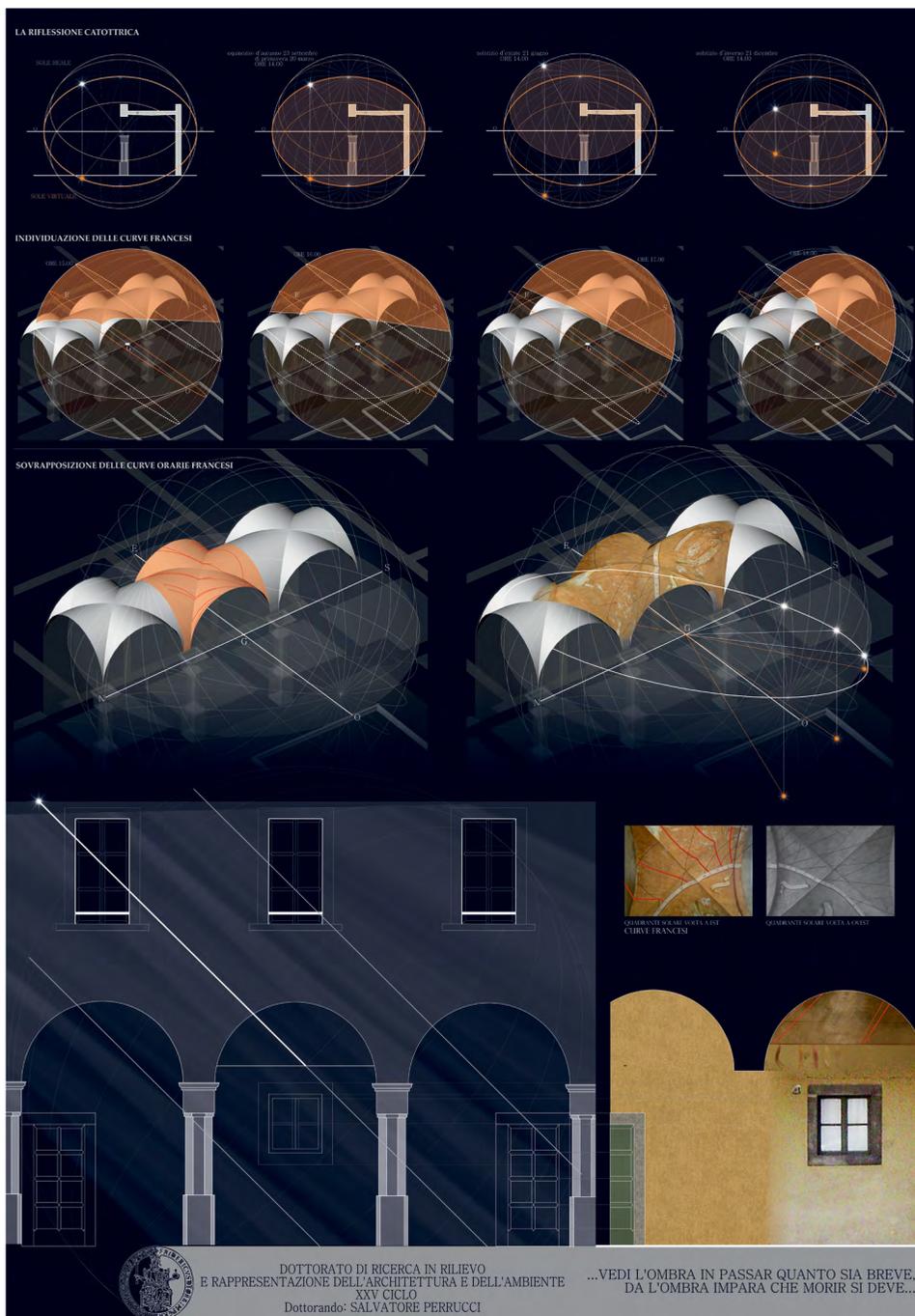


TAVOLA 6

Locum vergens ad occidentem

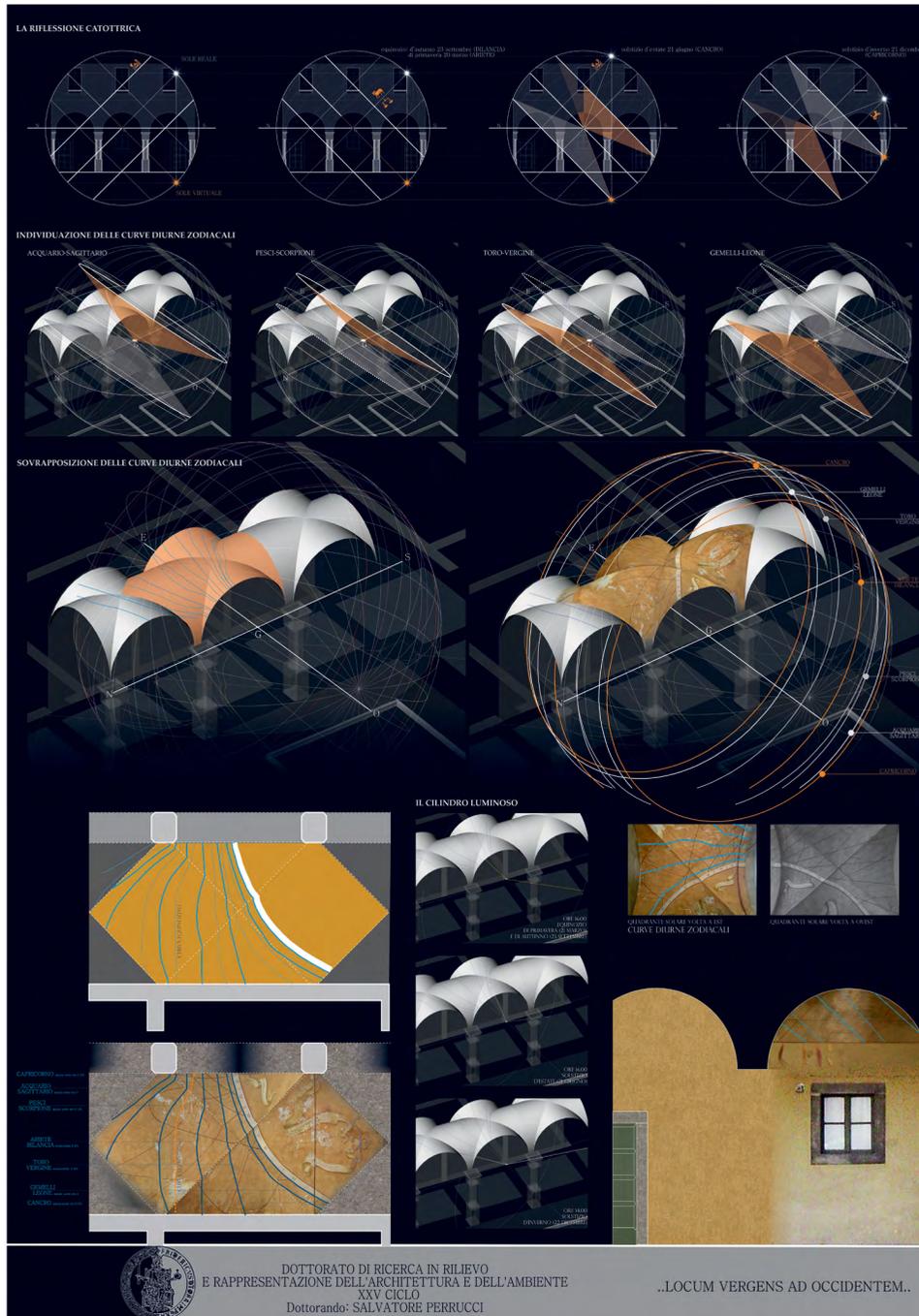


TAVOLA 7
La rossa ad altri l'ore a l'italiano

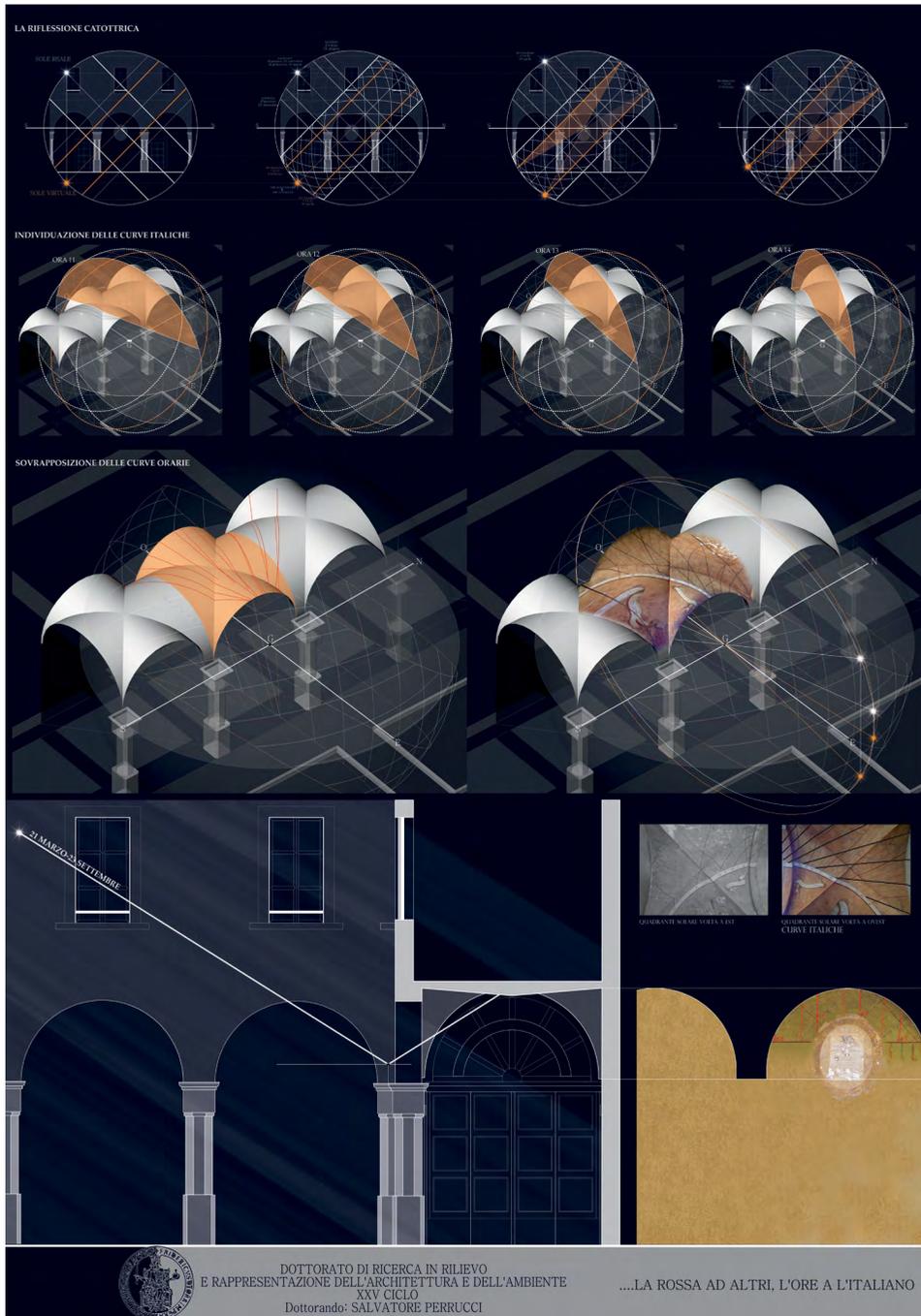


TAVOLA 8

Fecit solem in potestate diei

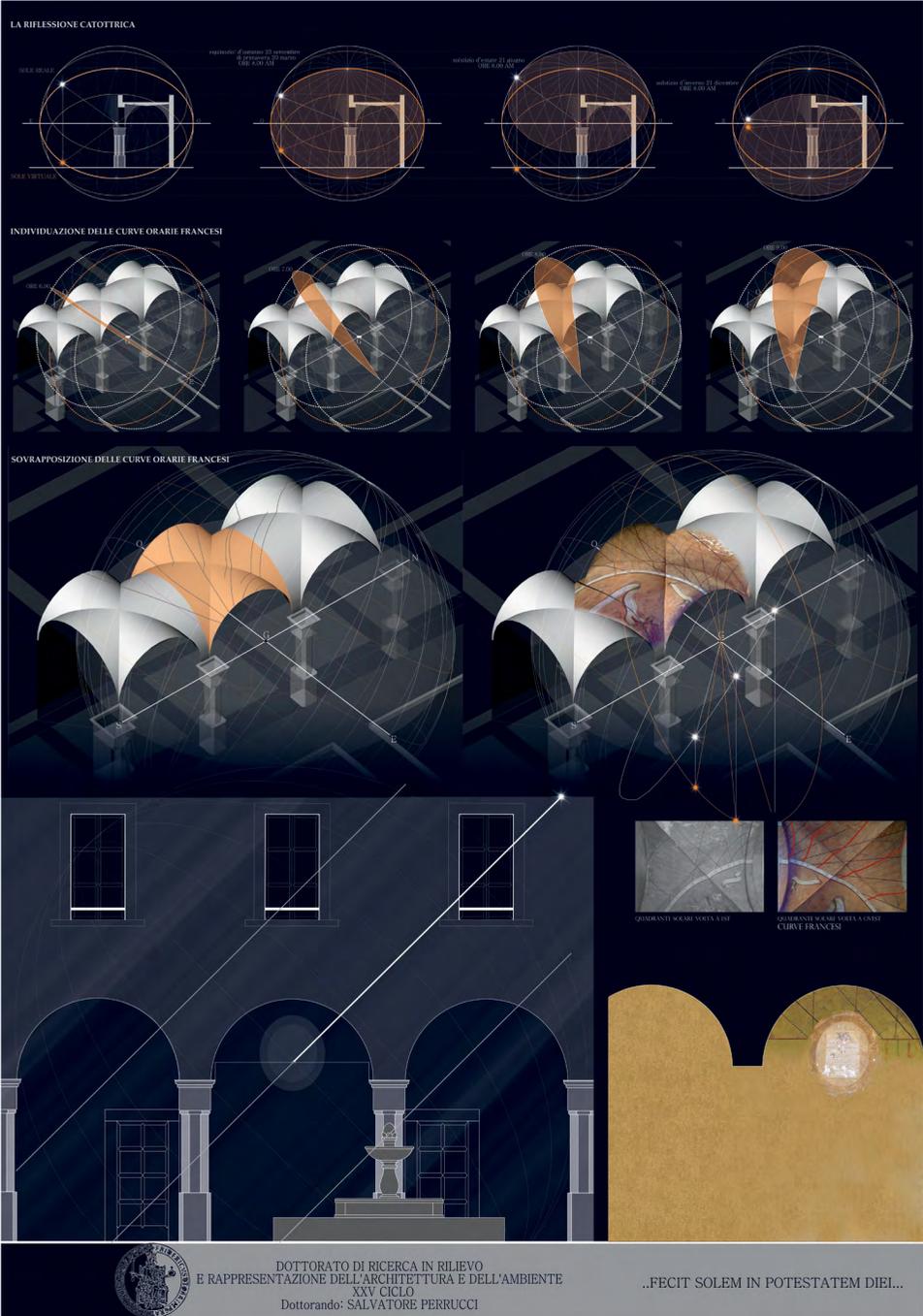
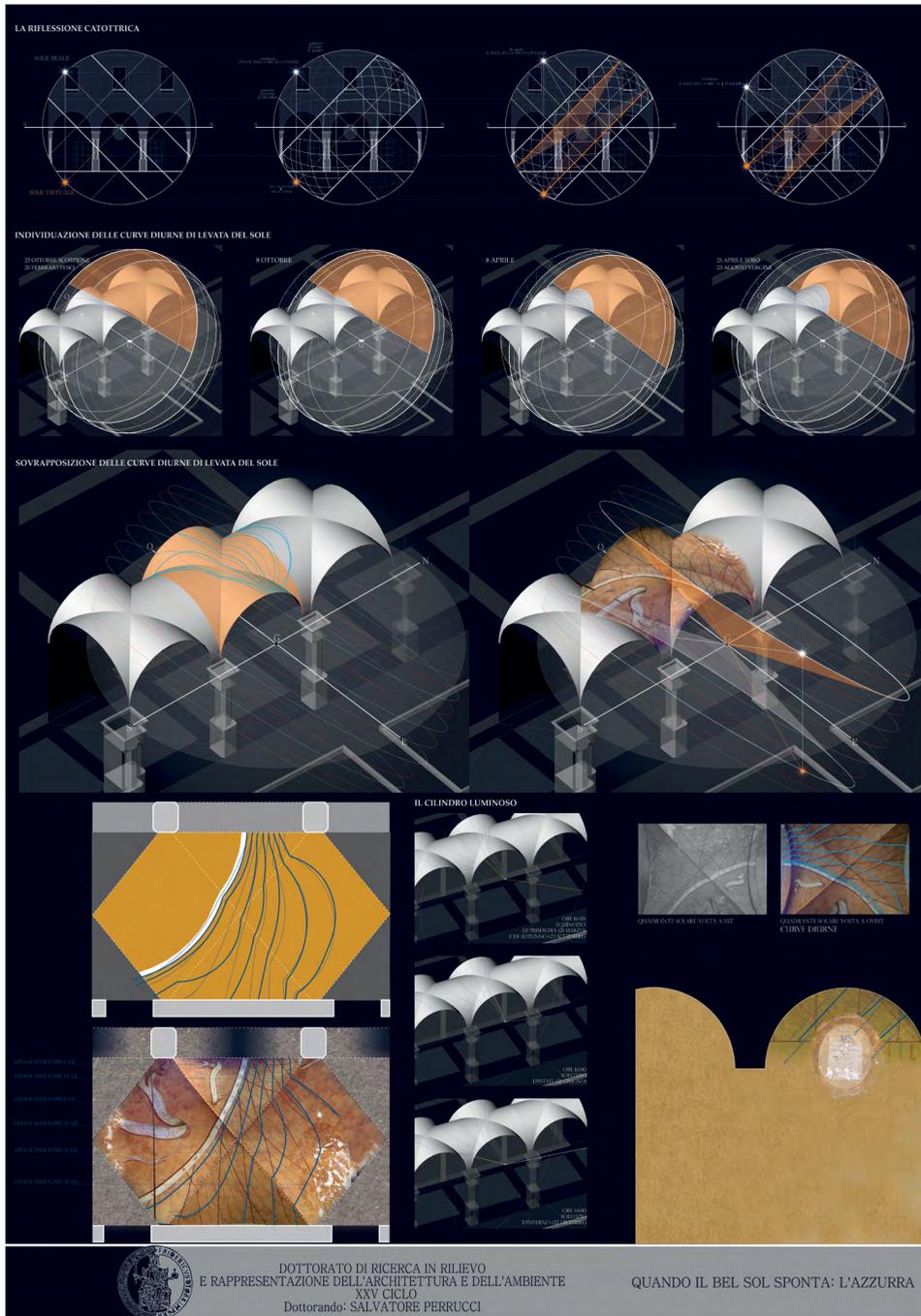


TAVOLA 9
 Quando il bel sol sponta: l'azzurra



Bibliografia

- Agnelli G. , *Memorie storiche della diocesi di Brescia*, in Brixia Sacra, terza serie, Studium Editore, Aprile 1997.
- Agnelli G. , *Ripristinata una meridiana catottrica del '700 nel convento Saveriano di Sancristo a Brescia*, su web Gnomonices, rivista a cura di Nicola Severino, 2002.
- Angelo S. , *Un orolosio solare antico*, Civiltà Cattolica, Anno Ottavo, terza Serie, Vol. VI, Roma, 1857.
- Arnaldi M. , *Orologi Solari a Taggia. Antiche conoscenze del tempo tra scienza e costume*. Taggia, 1996.
- Barbaro D. , *I dieci libri dell'Architettura di M. Vitruvio*, 1556.
- Barbaro D. , *La pratica della prospettiva di monsignor Daniel Barbaro ...* 1569.
- Bargellini P. , *San Bernardino*, Cantagalli Edizioni, 2012.
- Barletta G. , *Le forme e il tempo: ricerche in filosofia* , Edizioni Dedalo, Bari, 1987.
- Barzizza, Gnomonica, Milano, 1892.
- Bernardino da Siena (san), *Prediche della Settimana santa* (Firenze..., Paoline Edizioni, 1995.
- Bernardino da Siena , *Antologia delle prediche volgari*, Cantagalli Edizioni, Siena, 2010.
- Colunga A. (a cura di) , Turrado L., *Bibbia vulgata* , edizioni San Paolo, Milano, 2000.
- Bonata D. , *Antiche meridiane a riflesso*, da "l'Astronomia", Edizioni Quanta, Luglio 1997.
- Bonola C., *Verità e interpretazione nello Heidegger di "Essere e tempo"*, Filosofia, Torino 1963.
- Bonomo G. , *Horographia trigonometrica 1758. Bonomo Gabriele, Horographia trigonometrica 1758*.
- Bosca G., Stroppa P., *Meridiane e orologi solari. Storia e interpretazione, metodi grafici e informatici per Bosse Abraham, Manière Vniverselle de Mr Desargves*, Paris, 1648.
- Camerata F. , *Two new attributions: a refractive dial of Guidobaldo del Monte and the Roverino compass of Fabrizio Mordente* , in Nuncius, A. 18, vol 1, 2003.

- Candito C. , *Il disegno e la luce. Fondamenti e metodi, storia e nuove applicazioni delle ombre e dei riflessi nella rappresentazione*, Alinea Editrice, Firenze 2010.
- Cavalieri B. , *Sfera Astronomica*, Kessinger Publishing, Roma, 1690.
- Cellauro L. , *Daniele Barbaro and Vitruvius: the architectural theory of a Renaissance humanist and patron*, Papers of the British School at Rome, 2004.
- Cester B. , *Gli orologi solari e la misura del tempo*. Osservatorio Astronomico di Trieste, Itergrafia O.A.T., Trieste 1952.
- Clavio C. , *Compendium breuissimum describendorum horologiorum* 1603.
- Clavio C. , *Fabrica Et Usus Instrumenti Ad Horologiorum Descriptionem Peropportuni*, 1586.
- Clavio C. , *Clavio Cristoforo Pratica di fare Horologij solari*, Gnomonices Libri Octo, 1599 manoscritto.
- Clavio C. , *Tabulae astronomicae nonnullae ad horologiorum constructionem* 1605.
- Danti E. , *Trattato dell'uso della Sfera*, Fiorenza, 1573.
- Dava S. ,traduzione di Gianna L. e Olivia C. , *Longitudine* , Rizzoli, Milano, 1999.
- De Caro S. , *Museo Archeologico Nazionale*, Electa, Napoli, 2001.
- De Vleeschauwer Herman J. , *L'evoluzione del pensiero di Kant*, Laterza, Bari, 1976.
- Del Favero E. , *Meridiane*. , De Vecchi Editore, Milano, 1999.
- Deleuze G. , *Il bergsonismo*, Feltrinelli, Milano, 1983.
- Desargues G. , *La maniere universelle... Paris*, 1643.
- Desargues G. , *Universal way of dialing*, 1659.
- Dreyer J.L.E. , *Storia dell'Astronomia da Talete a Keplero*, Feltrinelli, 1977.
- Emanuele G. , *Metodi semplici per segnare la Retta Oraria del Mezzogiorno...ecc.* , Milano, 1872.
- Esposito C. , *Il fenomeno dell'essere. Fenomenologia e ontologia in Heidegger*, Dedalo, Bari, 1984.
- Fantino M. , Cologna M. , *Horae , Meridiane in Valle d'Aosta*. Musumeci Editore, 1992.
- Fantoni G. , *Orologi Solari*, Technimedia, Roma, 1988.
- Fantoni G. , *Due orologi solari greci: i globi di Prosymna e di Matelica*, Rivista di Archeologia, Roma, 1984.
- Fantoni G. , *Orologi Solari. Trattato completo di Gnomonica*. Edizioni Technimedia, Roma, 1988.
- Fasolo G. , *Tempo e durata. Il luogo del presente in Aristotele e Bergson*, Albo versorio, Milano, 2005.
- Federico C. , *Claudii Ptolemaei Liber de Analemmate*, Romae, 1562.
- Ferrari G. , *Relazioni e formule per lo studio delle meridiane piane*, Pubblicato in proprio, Modena, 1998.
- Fiori F. , *Anemos. I venti del Mediterraneo*. Mursia, Milano, 2012.
- Fliche A., *La réforme grégorienne*, Lovanio, Parigi, 1924-1937.
- Flora F. , *Astronomia Nautica* (navigazione Astronomica), Hoepli Editore, Milano, 1987.
- Gabardini G. , *Dio della terra, dio del cielo. Dalle religioni semitiche al giudaismo e al cristianesimo*,edizioni Paoline, Napoli, 2000.
- Gallucii I. , *Nova Fabricandi Horaria*, Venetiis, 1596.
- Garnier E. , *Gnomonica. Teoria e pratica dell'orologio solare*, Hoepli, Milano ,1938.
- Grossi T. , *San Benedetto e la sua opera verso la Chiesa e la Società*, Società Subalpina

- Editrice, Torino, 1943.
- Guarini G. , *Caelestis Mathematicae*, Mediolani, 1683.
- Hack M. , Battaglia P. e Buccheri R. , *L'idea del tempo*, Utet Libreria, Torino, 2005.
- Heath T. , *Aristarchus of Samos - The Ancient Copernicus, A history of Greek astronomy to Aristarchus* . Oxford, Clarendon, 1913; rist. New York, Dover, 1981.
- Heidegger M. , *Ontologia, Fenomenologia, Verità*, a cura di S. Poggi e P. Tomasello, Led, Milano, 1995.
- Kircher A. , *Ars magna lucis et umbrae* , Avignone,1646.
- Kircher A. , *Magnes Sive De Arte Magnetica Opus Tripartitum*, Avignone,1654.
- Kircher A. , *Primitiae Gnomonicae Catoptricae Hoc Est Horologigraphia Nova Specularis* Avignone,1635.
- Kircher A. , *Ars magna lucis et umbrae, Romae*,. edizione completa in pdf ETH Bibliothek Zurich, Zurigo,1646.
- Kircher A. , *Organum Mathematicum*, Roma, 1661.
- Lazzarin P. , *Il libro dei Santi. Piccola enciclopedia*, Edizioni Messaggero, Padova, 2007.
- Leta B. , *Gnomonica, ossia l'arte di descrivere orologi solari*, Hoepli, Milano, 1897.
- Logroscino G. , *Orologi Solari*, Dedalo, Bari, 1885.
- Lovelock J. , *Le nuove età di Gaia*, Bollati Boringhieri ,Torino, 1991.
- Macchi G. , *La meridiana*, Gallarate, 1931.
- Maignan E., *Perspectiva Horaria Sive De Horographia Gnomonica* , 1648.
- Magno G. , *Vita di san Benedetto e la Regola*, ed. Città nuova, Roma, 2001.
- Marini G. , *La filosofia cosmopolitica di Kant*, Laterza, Roma-Bari, 2007.
- Martineau J. , *Armonie e geometrie nel sistema solare*, Macro, Diegaro di Cesena, 2003.
- McLeod B. , *Sistema solare*, RusconiLibri, Santarcangelo di Romagna, 2004.
- Medolago G. , *Calusco d'Adda*, Bolis edizioni, Bergamo, 2007.
- Menochio S. , Delle Stuore M. , *trattenimenti eruditi*, parte terza, Venezia 1692.
- Migliaccio C. , *Invito al pensiero di Henri Bergson*, Mursia, Milano, 1994.
- Migliari R., *Dieci lezioni di geometria descrittiva - la teoria delle ombre e del chiaroscuro - il modello geometrico del moto apparente del sole*, nella collana dei Quaderni di Applicazioni della Geometria Descrittiva, di O. Fasolo ed R. Migliari, n.3, Roma, 1984.
- Morra L. , Dutto D. , *Segnali di Tempo, meridiane in provincia di Cuneo*. Ed. L'Arciere, Cuneo, 1996.
- Nardini F. , *Roma Antica*, Roma, 1646.
- Needham J. , *Scienza e civiltà' in Cina*, Einaudi, Torino, 1985.
- Nicéron J. , *Memoires pour servir a l'histoire des hommes illustres dans la republique des lettres*, Slatkine reprints, Genève, 1971.
- Note sull'iconografia cristiana*,Serenò Editore, 2012.
- Orsini L. , *Trattato del Radio Latino*, Roma, 1586, Paideia editore (collana Biblioteca di cultura religiosa), Flero (BS), 2005.
- Paltrinieri G. , *La meridiana del San Giuseppe*, Pubblicato su l'Astrofilo, Bollettino dell'Unione Astrofili ,Brescia, 2002.
- Paltrinieri G. , *Meridiane e Orologi Solari d'Italia*, L'Artiere Ed., Bologna, 1997.
- Paltrinieri G. , *Meridiane e orologi solari d'Italia*, L'Artiere Ed., Bologna, 1997.
- Pandolfi G. , *Gnomonica Pratica*, Tip. Artiganelli nell'Ospizio Cordeviola, Lavagna, 1925.
- Paolo O. e Belotti O. , *Atlante storico del territorio bergamasco*, Monumenta Bergo-

- mensia, Bergamo, 2010.
- Paschini P. , *Daniele Barbaro letterato e prelado veneziano del Cinquecento*, Rivista di storia della chiesa in Italia, Roma, 1962.
- Pasini C. , *Orologi solari : costruzioni grafiche e calcolo degli orologi solari*, Angelo Draghi Libraio-Editore, Padova, 1997.
- Pasini C. , *Orologi Solari. Costruzioni grafiche e calcolo degli orologi solari e delle meridiane a tempo medio. Loro pratica esecuzione e storia. Con figure autolitografate e otto tavole numeriche*, Angelo Draghi Libraio-Editore, Padova, 1900.
- Pattenden P. , *The Pelican Sundial*, Cambridge, 1980.
- Pavanello G. e Trincherò A. , *Le meridiane*, De Vecchi, Milano, 1999.
- Perego V. , *Finitezza e libertà. Heidegger interprete di Kant*, ed. Vita e Pensiero, Milano, 2001.
- Perniola M. , *Dopo Heidegger. Filosofia e organizzazione della cultura*, Feltrinelli, Milano, 1982.
- Polidoro G. , *San Bernardino da Siena*, Elledici, Torino, 2008.
- Potenza F. , *Gli strumenti per l'astronomia*, Longanesi, Milano, 1977.
- Pouille E. , *Le traité d'astrolabe de Raymond de Marseille*, serie terza, anno V, fasc. II, Studi Medievali, Parigi, 1964.
- Prestini R. , Begni R. , Virgilio P. , *La chiesa e il Convento di S. Giuseppe in Brescia*, La Scuola (collana Arte e storia), Brescia, 1989.
- Blanchard R. , *Cadran Solaires*, ed. Artissim , Parigi, ristampa del 1895.
- Rendina C. , Paradisi D. , *Le strade di Roma. Volume primo A-D*, Roma, Newton Compton Editori, Roma, 2004.
- René R.J. , *Le cadran solaire de la mosquée des Unayyades a Damas*, ed. l'Astronomie, Parigi, 1983.
- Rigassio G. , *Le ore e le ombre, Meridiane e orologi solari*, Mursia, Milano, 1988.
- Righetti M. , *Manuale di storia liturgica*, Ancora, Milano, 1946 (ristampa 2005).
- Perry R. , *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, McGraw-Hill, Milano, 2007.
- Rohr R. , *Meridiane*, Ulisse edizioni, Torino 1988.
- Romano G. , *Introduzione all'astronomia*, Muzio, Padova, 1985.
- Ronca L. , *Gnomonica sulla sfera ed analemma di Vitruvio*, Tipografo dell'Accademia Nazionale dei Lincei, Roma, 1976.
- Rossi P. , *La nascita della scienza moderna in Europa*, Laterza, Bari, 1997.
- Santi G. , *Agostino d'Ipbona filosofo*, Lateran university press, Roma, 2003
- Schroeder W. , *Astronomia Pratica*, Longanesi, Milano, 1967.
- Severino E. , *Heidegger e la metafisica*, Adelphi, Milano, 1994.
- Severino N. , *Breve storia della Gnomonica, da Meridiane ed orologio solari di Rosa Casanova*, consultabile su www.gnomonica.it, 2007.
- Severino N. , *la meridiana a riflessione fu inventata da Raffaele Miram?*, su www.nicolaseverino.it, 2007.
- Severino N. , *Storia della Gnomónica*, , Prima Edizione, 1992-1994, Roccaseca liberamente consultabile sulla biblioteca digitale di <http://www.nicolaseverino.it>.
- Siliotti A. , *Abu Simbel e i templi della Nubia*, Egypt Pocket Guide, The American University in Cairo, Cairo, 2000.
- Sinigalli R. , Vastola S. , *Il planisfero di Tolomeo*, Cadmo, Firenze, 1992.
- Soave F. , *La Filosofia di Kant*, Soliani, Modena, 1803.

- Soubiran J. , *Vitruve De l'Architecture, Livre IX, Paris*, Les Belles Lettres, Parigi, 1969.
- Stanzial V. , *Una voce da seguire. S. Bernardino da Siena...*, Tau Editrice, Todi (PG), 2006.
- Stein G. , *Galileo Galilei e il padre Cristoforo Clavio* in "Sapere" 14, edizioni Dedalo, Bari, 1941.
- Strummiello G. (a cura di), *Dio, la vita, il nulla: L'evoluzione creatrice di Henri Bergson a cento anni dalla pubblicazione* - atti del Colloquio internazionale, Bari, 4 maggio 2007.
- UAI , *Catalogo Nazionale delle Meridiane d'Italia*, Istituto Tecnico Nautico Artiglio , Viareggio, 2011.
- Tadini G. , *Geografia astronomica applicata*. Hoepli, Milano, 1960.
- Tosi M. , *Dizionario enciclopedico delle Divinità dell'Antico Egitto*, Einaudi, Torino, 2004.
- Trincherò A. , Moglia Lando, Pavanello Gian Carlo. *L'ombra e il tempo*. Prima edizione 1988. G.P.F. Grafica srl S. Mauro Torinese, Torino, 1988.
- Valentini R. , *La misura del tempo e gli orologi solari*. Civico Planetario Hoepli, Milano, 1987.
- Vattimo G. , *Introduzione a Heidegger*, Laterza, Roma-Bari, 1981.
- Vimercato B. , *Dialogo de gli Horologi Solari*, Venetia, 1586.
- Vitale F. , *Astronomia ed esoterismo nell'antica Pompei*, Cleup, Padova, 2000.
- Vitruvio, *De Architecturae, Libro IX, sec. XVI*.
- Zagar F. , *Astronomia sferica e teorica*, Zanichelli, Bologna, 1948.
- Zanotti E. , *La meridiana del tempio di San Petronio rinnovata l'anno 1776*, istituto delle scienze Bologna, Bologna, 1779.



Salvatore Perrucci si laurea in Architettura presso l'Università degli Studi di Napoli Federico II con una tesi in Applicazioni di Geometria Descrittiva dal titolo *Lo sguardo di kami: proposta di una scenografia per la Madame Butterfly in assonometria solida*, relatore prof. arch. Alessandra Pagliano.

DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II UNIVERSITÀ DEGLI STUDI

CHITETTURA E DELL'AMBIENTE DOTTORATO DI RICERCA IN RILIEVO E RAPPRESENTAZIONE DELL'ARCHITETTURA E DELL'AMBIENTE DOTTORATO DI RICERCA IN RILIEVO E RAPPRESENTAZIONE DELL'ARCHITETTURA

Università degli Studi di Napoli Federico II

Dottorato di Ricerca
in **Rilievo e Rappresentazione**
dell'Architettura e dell'Ambiente ciclo XXV

Coordinatore
Riccardo Florio

Collegio dei docenti ICAR/17

Jean François Cabestan
Massimiliano Campi
Mara Capone
Raffaele Catuogno
Antonella di Luggo
Riccardo Florio
Francesco Maglioccola
Alessandra Pagliano