

La meridiana di Santa Maria degli Angeli e dei Martiri

di Titti Guerrieri

La meridiana di Santa Maria degli Angeli e dei Martiri a Roma fu calcolata dal canonico **Francesco Bianchini** (1662 – 1729).

Fu scelta la chiesa di Santa Maria degli Angeli, edificata da Michelangelo sui resti delle Terme di Diocleziano, non solo perché, essendo una costruzione molto antica, le mura si erano già assestate ma anche per l'alto valore simbolico del luogo: Diocleziano era stato il più feroce persecutore dei cristiani.

La meridiana, voluta da Papa Clemente XI Albani, (per questo motivo è chiamata anche linea Clementina) doveva servire a verificare, tra le altre cose, la bontà della riforma del calendario: infatti nel vecchio calendario giuliano il 1700 era bisestile mentre nel calendario riformato non lo era più.

Fu inaugurata il 6 ottobre del 1702 e il papa in quella occasione fece coniare una medaglia sulla quale è rappresentata la chiesa attraversata da un raggio di sole; vi si legge:

“GNOMONE ASTRONOMICOM AD USUM KALENDARI
CONSTRUCTO”



Bianchini fu uomo di grande e poliedrica cultura: ricordiamo tra le sue molteplici attività il tentativo di misurare l'arco di meridiano passante per Roma tracciando una linea che, attraverso gli Appennini, giungesse fino a Rimini.

L'impresa che non riuscì per l'ostilità degli abitanti delle zone attraversate dalla linea i quali, per ignoranza e superstizione, distruggevano di notte i manufatti che venivano eretti di giorno, fu successivamente ripresa e portata a termine dal Boscovich.

Quella di Santa Maria degli Angeli è una meridiana a foro gnomonico: un foro, posto in una parete a sud di un edificio, fa passare un raggio di Sole che produce una macchia di luce, di forma ovale, sul pavimento.

Questo tipo di meridiana viene anche chiamata a camera oscura; la macchia di luce è l'immagine capovolta e invertita del Sole e non del foro purché il foro sia molto piccolo rispetto all'altezza dal suolo (diametro circa 1/1000 dell'altezza). Il foro funziona come l'obiettivo di una macchina fotografica. Nel caso della nostra meridiana il foro che si trova a 20,30 metri di altezza era di circa 2 cm. In una data imprecisata qualcuno ha allargato il foro che ora è ellittico con l'asse maggiore di circa 4 cm.

A partire dal XV secolo furono costruite molte meridiane e foro gnomonico, principalmente all'interno di chiese: in massima parte in Italia e qualcuna in Francia.

La scelta delle chiese per la loro realizzazione era dettata da motivi pratici: maggiore era la lunghezza della meridiana maggiore era la sua precisione e, quindi, solo le grandi chiese offrivano grandi spazi; l'interno, spesso semibuio, facilitava l'osservazione della macchia di luce, infine la quasi totalità degli astronomi erano religiosi.

I motivi che portarono alla costruzione delle grandi meridiane erano di tre tipi: scientifici, civili e religiosi.

Tra i motivi scientifici c'erano:

- Il calcolo della latitudine
- Il calcolo dell'obliquità dell'eclittica e la sua eventuale variazione
- La determinazione dell'istante dell'equinozio
- Il calcolo del valore esatto della precessione degli equinozi
- La determinazione dell'ascensione retta e della declinazione degli astri

I motivi civili erano sostanzialmente legati al progresso cronometrico cioè alla misurazione del tempo con la maggior precisione possibile in modo da controllare gli orologi meccanici ancora imprecisi ma che divenivano sempre più affidabili.

Tra i motivi religiosi spicca il complesso tema della determinazione della data della Pasqua, per i cristiani la festa più importante, alla quale sono legate le maggiori feste liturgiche.

Il problema della determinazione della data della Pasqua cristiana è dovuto sostanzialmente alla difficoltà di trasferire gli eventi della Resurrezione di Cristo da quello ebraico che era, ed è tuttora, un calendario lunare a quello in uso nella Chiesa Cristiana che era, invece, il calendario giuliano solare.

Cristo era stato crocifisso il 14 giorno del mese di Nisan, che secondo il calendario ebraico era il 14 giorno del primo mese dell'anno, giorno di plenilunio perché i mesi iniziavano con l'apparire della prima falce di Luna dopo il novilunio; inoltre l'anno ebraico aveva inizio subito dopo l'equinozio di primavera. Cristo era, dunque, risuscitato due giorni dopo la Luna piena nel mese lunare dopo l'equinozio di primavera: ed era anche il giorno dopo il sabato, quello che verrà poi chiamato domenica. Nel determinare la data della Pasqua si volevano pertanto salvare tutte queste caratteristiche.

Nel concilio di Nicea (325 d.c.), indetto dall'imperatore Costantino, tra i numerosi problemi da risolvere c'era anche quello relativo alla determinazione della data della Pasqua; dopo approfondita discussione viene stabilito che:

"Domenica proxima sequente lunam decimaquartam post venum aequinoctium illuscentem ab omnibus Ecclesiis Pascha celebratur"

"La Pasqua sarà celebrata da tutta la Chiesa la domenica più vicina dopo il plenilunio successivo all'equinozio di primavera".

Seguendo le conoscenze astronomiche del tempo fu stabilito che l'equinozio di primavera cadesse il 21 marzo e fu assunta per la lunghezza dell'anno quella calcolata da Sosigene che era alla base del calendario giuliano in uso allora.

Ma, poiché la lunghezza effettiva dell'anno è inferiore a quella usata nel calendario giuliano, ben presto, al ritmo di 1 giorno ogni 128 anni circa, l'equinozio di primavera cominciò ad allontanarsi dal 21 marzo.

La riforma del calendario voluta da papa Gregorio XIII Boncompagni, su suggerimento di Egnatio Danti e Luigi Lilio, rimise a posto le cose; ci furono, però, polemiche e dubbi in ambito scientifico e resistenze soprattutto da parte delle chiese non cattoliche.

Le grandi meridiane, in particolare San Petronio a Bologna e Santa Maria degli Angeli a Roma, servirono anche, se non soprattutto, a verificare l'esattezza della riforma del calendario.

Secondo una ricerca di Giorgio Mesturini, pubblicata negli Atti dell'XI Seminario di Gnomonica, in Italia ci sono oltre 70 meridiane a camera oscura 33 delle quali con il foro gnomonico ad un'altezza superiore ai 5 metri. Qui di seguito le più conosciute:

- Firenze: Santa Maria del Fiore (Toscanelli - 1467; altezza foro 90,11 metri; rifatta da Ximenes)
- Bologna: San Petronio (Danti - 1576; altezza foro 25 metri; rifatta da Cassini - 165; altezza foro 27 metri)
 - Firenze: Santa Maria Novella (Danti - 1574; altezza foro 21,35 metri)
 - Firenze: Osservatorio Ximeniano di San Lorenzo (Ximenes - 1775)

- Bologna: Palazzo Pietramellara (Montanari – 1674; altezza foro 6 metri)
- Bologna: Palazzo Poggi, sede dell'Accademia delle Scienze (Lelli - 1790)
- Milano: Duomo (De Cesaris – 1786; altezza foro 24 metri)
- Napoli: Museo Nazionale (Cassella – 1791; altezza foro 14 metri)
- Vaticano: Torre dei Venti (Danti- 1589; altezza del foro 5 metri)
- Roma: Torre Calandrelli (1787; altezza foro 4,3 metri)
- Formello: Parrocchia (1795: altezza foro 6, 315metri, completamente distrutta nel rifacimento del pavimento nel 1958, ripristinata ad opera degli gnomonisti Catamo e Lucarini nel 2009)
- Palermo: Duomo (Piazzì – 1794; altezza foro 11,77 metri)
- Bergamo: Sottopasso del Palazzo dei Signori
- Catania: Monastero benedettino di San Nicola l'Arena (Cacciatore – 1830; altezza foro 22 metri, rifatta da Peters e Sartorius nel 1844)
- Acireale: Chiesa Matrice (Peters – 1844; altezza foro 9 metri)

Un altro dei grandi interrogativi al quale i costruttori di meridiane tentavano di dare una risposta era la probabile variazione dell'obliquità dell'eclittica.

Il lungo lavoro di osservazione fatto molte volte al limite della sensibilità degli strumenti sembrava non aver dato risultati fino a che Bradley non scoprì i fenomeni dell' aberrazione e della nutazione; le misure più antiche furono allora corrette e ci si accorse che Cassini, Bianchini, Ximenes e tutti gli altri avevano ottenuto con le meridiane risultati che sarebbero stati superati solo dopo altri 150 anni di osservazioni fatte utilizzando strumenti decisamente migliori.

Dopo la metà del settecento le meridiane persero il loro valore di strumenti astronomici ma continuarono ad essere costruite per motivi civili. Servirono a:

- regolare gli orologi meccanici ancora troppo imprecisi
- convincere la popolazione a passare dal sistema orario delle ore italiane a quello delle ore francesi o astronomiche.
- celebrare qualche avvenimento

Per esempio la meridiana costruita nel duomo di Milano fu voluta fortemente dalle autorità austriache che volevano eliminare il sistema delle ore italiane. Per inciso gli istituti scolastici, in Lombardia, furono i primi ad adottare l'ora francese nel 1788. Santa Maria degli Angeli è servita per regolare gli orologi dei romani fino al 1846 anno nel quale l'Osservatorio Astronomico del Collegio Romano iniziò ad annunciare il mezzogiorno facendo cadere una palla di vimini che dava il segnale al cannone di Castel Sant'Angelo.

L'ultima meridiana, di questo tipo, ad essere costruita è stata quella nel sacrario della Rimembranza a Melbourne in Australia nel 1934 per commemorare tutti i soldati australiani caduti nella prima guerra mondiale. Fu inaugurata l'11 novembre e a mezzogiorno di quel giorno e di tutti gli 11 novembre, il sole illumina una piastra sulla quale è scritta la parola "love". In realtà non è una vera e propria meridiana perché segna solo un giorno particolare.

Parliamo ora un po' più diffusamente della nostra meridiana.

La sua lunghezza, che dipende sia dall'altezza del foro che dalla latitudine di Roma, è di 44 metri dei quali 38 utili.

Il foro gnomonico produce una macchia di luce che scorre lentamente sul pavimento e attraversa la linea meridiana al mezzogiorno solare vero. Al solstizio d'inverno si trova nel suo punto più lontano e al solstizio estivo nel suo punto più vicino al piede della perpendicolare dal foro che, da ora in poi, chiameremo base della meridiana. Nella meridiana in oggetto la base è indicata da un tondino inserito in un riquadro di marmo proprio sotto al foro gnomonico. Una scanalatura nel muro, purtroppo ora parzialmente ostruita da detriti, serviva a far passare il filo a piombo utilizzato per individuare il piede della perpendicolare e per misurare esattamente l'altezza del foro gnomonico. Agli equinozi la macchia di luce viene a trovarsi in un punto intermedio, però, non a metà perché nel calcolo della posizione della macchia di luce entra in gioco la tangente trigonometrica dell'angolo di incidenza dei raggi solari e, come sappiamo, la tangente trigonometrica non è una relazione matematica proporzionale all'angolo.

Se **h** è l'altezza del Sole sull'orizzonte, **δ** la sua declinazione e **λ** la latitudine del luogo, a mezzogiorno vale la seguente formula:

$$h = 90^\circ - \lambda + \delta \quad (1)$$

quindi se indichiamo con **l** la lunghezza dell'ombra di uno gnomone (o, nel nostro caso, la distanza del centro della macchia di luce dalla base della meridiana) e con **H** l'altezza del foro gnomonico, avremo:

$$\text{tg } h = H/l$$

L'immagine del sole sul pavimento è una ellisse di dimensioni variabili: l'asse maggiore va da 22 cm., al solstizio estivo, a 110 cm., al solstizio invernale.

La linea meridiana è materializzata da una striscia di ottone con una sottile riga centrale mancante in alcuni punti.

Ai lati sono posti dei quadrati di marmo nei quali sono rappresentati i 12 segni zodiacali a tarsie di marmo (opera di **Francesco Tedeschi** sui classici modelli dell' Uranometria di **Bayer**); sulle tarsie sono anche indicati, per mezzo di stelline di ottone di varia grandezza, gli asterismi delle costellazioni. Le rappresentazioni delle costellazioni della Vergine e del Toro mancano delle stelline in ottone perché sono state rifatte.

La nostra meridiana colpisce non solo per la bellezza estetica del suo impianto ma anche per altre pregevoli particolarità. Osservando la linea si notano a sinistra e a destra una serie di numeri che hanno precisi significati astronomici; i numeri a sinistra indicano, con passo di 1°, la distanza zenitale, cioè il complementare dell'altezza del Sole sull'orizzonte. La scritta "Gradus distantiae a vertice" ce lo indica. Servono per calcolare la declinazione del Sole con la formula (1) sopra scritta, infatti:

$$\delta = \lambda - (90 - h)$$

dove (90 – h) è proprio la distanza zenitale.

I numeri a destra, invece, sono posti alla distanza uniforme di 20,34 cm. uguale alla centesima parte dell'altezza del foro gnomonico. La scritta "Radii partes centesimae,, ce lo indica. Vanno da 37 a 220 e rappresentano la tangente trigonometrica della distanza zenitale moltiplicata per 100.

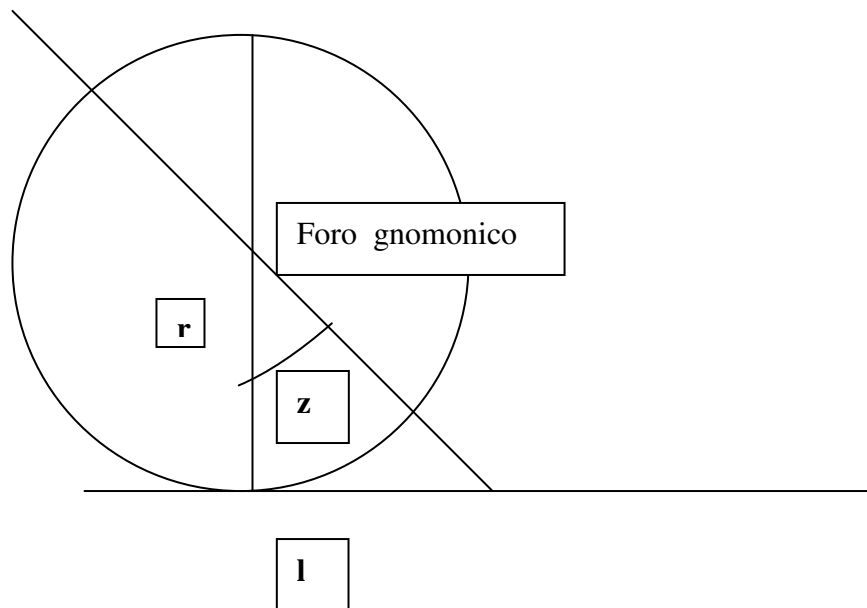
Infatti:

$$l = r \text{ tg } z$$

Se prendo r = 100 allora:

$$l = 100 \text{ tg } z$$

Dal disegno si capisce anche perché l'altezza del foro gnomonico veniva chiamato raggio.



Poiché la scala delle tangenti è uniforme si possono eseguire misure più facilmente e con maggior precisione. A questo scopo il Bianchini usava il regolo metallico (detto ticonico perché pare inventato da Tycho Brahe) che ora è murato in una lapide del presbiterio e che è la 100ma parte dell'altezza del foro. Con questo regolo si riesce ad ottenere una precisione di 2/10 di millimetro.

Lungo la linea meridiana, nel punto dell'equinozio sono inserite due ellissi che hanno la dimensione esatta della macchia di luce. Se l'istante dell'equinozio coincide proprio con il mezzogiorno la macchia di luce si sovrapporrà esattamente alle ellissi, altrimenti, misurando con il righello inserito nell'ellisse, di quanto la macchia è spostata si può calcolare da quante ore è già avvenuto o fra quante ore avverrà l'istante dell'equinozio. Attenzione che nel righello è anche indicato il valore della penombra che bisogna togliere (" Dempta penumbra,,) per ottenere la misura esatta dell'ellisse di luce!

Lungo la linea meridiana, con passo di mezz'ora, era indicata anche la durata del giorno. La scritta " Dierum quantitas,, c'è ma sono quasi del tutto cancellate le cifre.

Infine, con le due scritte " Terminus Paschae,, sono evidenziati i punti corrispondenti ai due giorni tra i quali può oscillare la data della Pasqua: 22 marzo – 25 aprile. L'equinozio viene sottolineato anche da una traccia di stelle sul pavimento della chiesa, alla sinistra della linea meridiana, che materializza il percorso del Sole prima di raggiungerla: è la linea equinoziale, una linea retta, proiezione dell'equatore sul pavimento.

La nostra meridiana non serve solo per il Sole ma è stata pensata anche come uno strumento dei passaggi. Un certo numero di stelle, le più splendide tra quelle situate entro la fascia zodiacale, e rappresentate da stelle in ottone di diversa grandezza a seconda della magnitudine, sono state posizionate nei punti corrispondenti alla loro declinazione. A fianco di ogni stella è indicata la sua ascensione retta. Le due scritte "Stellarum nomina,, e "Ascensio recta stellarum anno MDCCI,, indicano questo; purtroppo ci sono degli errori nelle cifre delle ascensioni rette e nel posizionamento di alcune stelle, errori dovuti sicuramente a qualche improvvido restauro.

Era possibile osservare, anche di giorno, il passaggio in meridiano di queste stelle usando cannocchiali a lunga focale. Per Arturo e Sirio, come per il Sole all'equinozio, c'è un sentiero di stelline in avvicinamento alla linea meridiana.

Bianchini mise una targa di ottone a ricordo della visita effettuata dal il Papa, il 20 agosto 1702, prima dell'inaugurazione ufficiale. A sottolineare l'importanza dell'evento un sentiero di stelline materializza il percorso del Sole in quel giorno.

Altre due targhe in corrispondenza del 12 settembre ricordano la vittoria, nello stesso giorno dell'anno 1683, dell'esercito cristiano, comandato dal re di Polonia Giovanni Sobieski, contro i Turchi alle porte di Vienna e la visita, della vedova del re nello stesso giorno ma 19 anni dopo (ciclo di Metone ?).

La variazione secolare dell'inclinazione dell'asse terrestre, che all'epoca di Bianchini era di $23^{\circ} 28' 40''$ contro gli attuali $23^{\circ} 26' 20''$, ha portato una variazione della posizione convenzionale delle costellazioni e della lunghezza della meridiana. In particolare il punto del solstizio di inverno è arretrato di 8 cm. mentre quello del solstizio d'estate è avanzato di 1,5 cm. In totale, cioè la meridiana si è accorciata di 9,5 cm. Il fatto si nota poco perché Bianchini non ha disegnato le ellissi solstiziali ma solo quelle equinoziali e la variazione dell'inclinazione dell'asse non incide sull'istante dell'equinozio ($L = 0$).

La nostra meridiana, infine, aveva anche un altro scopo: serviva per osservare la stella polare e determinare la latitudine. Infatti, se ci si pone in prossimità dell'inizio della linea meridiana e si guarda in alto verso Nord si nota, davanti al finestrone, una croce inscritta in un cerchio: è la mira di quello che veniva chiamato lo gnomone boreale. Il braccio in alto della croce mostra una fessura attraverso la quale si poteva vedere la stella polare; probabilmente il finestrone poteva essere aperto oppure una parte del vetro mancava del tutto. Perpendicolarmente sotto la mira boreale si può notare un tondino di bronzo, inserito nel pavimento: è il piede della perpendicolare condotta dalla mira.

All'inizio della linea meridiana ci sono una serie di ellissi concentriche: proiezioni sul pavimento del moto della stella polare attorno al Polo Nord Celeste. Sono 16 in totale, ad intervalli di 25 anni (anni giubilari) e vanno dal 1700 al 2500. Infatti per il fenomeno della precessione degli equinozi il Polo Nord Celeste si sposta lentamente in cielo descrivendo un cerchio, mentre dal nostro punto di vista geocentrico è la stella polare a descrivere un cerchio intorno al PNC. Poiché nel 1700 la stella polare si trovava a $2^{\circ} 18'$ dal PNC descriveva intorno ad esso un cerchio piuttosto grande rispetto a quello di oggi e a quello che descriverà nel 2100 quando si troverà solo a $28'$ dal PNC. Le ellissi sono divise in 24 ore siderali a loro volta divise in 3 parti (20 minuti siderali). Le due scritte "Stellae polaris orbitae ad annos octingentos,, e "Elevatur polus mundi boreus supra horizontem $41^{\circ} 54' 27''$,, spiegano il significato e lo scopo.

Bianchini determinò la latitudine della meridiana misurando l'altezza della stella polare quando si trovava al punto superiore e inferiore del meridiano calcolando il punto mediano fra questi due. Sappiamo che fece la misura nei primi giorni di gennaio del 1781: in quei giorni, infatti, era possibile osservare il transito della stella polare in entrambi i punti sopra detti.

Per la struttura della chiesa e la strombatura del foro, il Sole non illumina più il foro circa 20 minuti dopo il suo passaggio al meridiano: per questo motivo sicuramente il Bianchini non fu in grado di usare il metodo dei cerchi di ugual altezza (detti volgarmente cerchi indù) per la determinazione della direzione Nord – Sud, ma dovette servirsi di un'altra meridiana.

Da studi recenti effettuati con tecniche sofisticate e raggi laser si è visto che la linea meridiana ha una lieve deviazione verso Nord - Est e non è perfettamente rettilinea: per questo motivo il passaggio del Sole è in ritardo di 20 secondi al solstizio invernale.

All'inizio del presbiterio c'è una grande lapide nella quale è inserito il regolo ticonico. In essa Bianchini volle che restasse memoria dei valori degli istanti degli equinozi e dei solstizi da lui calcolati nel 1703; c'è, inoltre, la legenda per le dimensioni delle stelle usate nella linea meridiana e negli asterismi.

Prof.ssa Titti Guerrieri

Per approfondire

Sull'astronomia a Roma:

Monaco - *L'astronomia a Roma - Edizioni dell'Osservatorio Astronomico di Roma*

Buonanno - *Il cielo sopra Roma - Sprinter*

Guerrieri - *Articolo su Padre Secchi - Polaris n.41 (periodico dell'Associazione Tuscolana di Astronomia)*

Sulla misurazione del tempo:

Tempesti - *Il calendario e l'orologio – Gremese*

Biemont - *I ritmi del tempo – Zanichelli*

Sulle meridiane e gli orologi solari:

Catamo, Lucarini - Il cielo in Basilica - Ed. Basilica

Fantoni - La grande meridiana di Santa Maria degli Angeli - Ed. Basilica

Sigismondi - Lo gnomone clementino - Ed. Basilica

Mesturini - Catalogo delle meridiane a foro gnomonico - in Atti del XI seminario di gnomonica

Heilbron - Il sole nella chiesa - Compositori

Fantoni - Orologi solari - Tecnimedia (il testo più completo e di alto livello sugli orologi solari di tutti i tipi)

Per divagarsi un po'

Vanni Ronsisvalle - Gli astronomi - Sellerio