

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA "LA SAPIENZA"
FACOLTÀ DI LETTERE E FILOSOFIA
DIPARTIMENTO DI GEOGRAFIA UMANA
Piazzale Aldo Moro n. 5 - 00185 - ROMA

SEMESTRALE di STUDI
e
RICERCHE di GEOGRAFIA

MERIDIANI E LONGITUDINI A ROMA
a cura di Costantino Sigismondi



2006 (2)

Le foto del Catalogo di opere di stampa, carte geografiche, incisioni e strumenti scientifici della Biblioteca Casanatense di Roma, pubblicate nel presente numero speciale del semestrale di Studi e Ricerche di Geografia sono riprodotte su concessione del Ministro per i Beni e le Attività culturali rilasciata con protocollo MBAC_B_CASA 3079/28.04 16/1.1 del 20.10.2006 dalla direttrice Dott.ssa A.A. Cavarra.

Per tutte le immagini in questione vale la dicitura "su concessione del Ministero per i Beni e le Attività Culturali © Biblioteca Casanatense".

La concessione è incedibile, intransferibile e rilasciata in via non esclusiva per una sola volta. Dovrà essere presentata nuovamente richiesta scritta alla Biblioteca Casanatense per utilizzare le suddette immagini in altre pubblicazioni.

Si ringraziano Davide Troise, Claudio Davanzo e Mario Setter per le fotografie.

DIRETTORE RESPONSABILE

Prof. Emanuele Paratore

COMITATO SCIENTIFICO E COMITATO DI REDAZIONE

Gino De Vecchis, Cosimo Palagiano, Emanuele Paratore

SEGRETARIO DI REDAZIONE

Riccardo Morri

autorizzazione Tribunale di Roma n. 4742 del 30.XII.1988

numero di iscrizione 671/88

PREMESSA

La partecipazione della Casanatense alla mostra *Meridiani e longitudini a Roma*, allestita nel Salone monumentale dal 4 al 19 marzo 2005 in occasione della XV Settimana della cultura scientifica e tecnologica, ha consentito ancora una volta di far convergere l'attenzione di studiosi e scienziati sul prezioso e ricco *corpus* di opere riguardanti l'astronomia che si conserva in questa prestigiosa biblioteca romana.

Già nel 1985 con *Bibliotheca magica* e nel 1991 con gli *Arcani delle stelle*, riscuotendo peraltro molti consensi dai cultori della materia, era stata data una interessante prospettiva di questo particolare settore del patrimonio casanatense. In quelle occasioni era stata anche presentata una serie di strumenti scientifici, alcuni dei quali acquistati dal prefetto Domenicano p. Giovan Battista Audiffredi (1714-1794), sotto la cui guida la Casanatense raggiunse nel '700 l'acme del suo splendore.

La collaborazione tra istituzioni così diverse come da un lato la Casanatense – istituto bibliotecario di alta cultura che affonda le proprie radici nel secolo dei lumi e che attualmente è un organismo dipendente dal Ministero per i beni e le attività culturali – e dall'altro lo Studium Urbis – centro culturale nato nel 2000 per iniziativa del prof. Allan Ceen e vocato alla storia dell'architettura ed al disegno urbano in Italia - ha portato al risultato esaltante della mostra *Meridiani e longitudini a Roma* di cui ora si pubblica il catalogo. Infatti il percorso espositivo casanatense del 2005 è stato la naturale prosecuzione di una ricerca iniziata dallo Studium Urbis nel 2002 con la mostra *Meridiano. Italy's prime meridian*, in cui veniva ricostruita la storia del Meridiano di Monte Mario e presentata la collezione di carte geografiche di proprietà dello Studium stesso. Questa interessante collezione cartografica si è perfettamente amalgamata ai preziosi testi a stampa e documenti iconografici conservati nella Casanatense, consentendo di illustrare in modo suggestivo e al tempo stesso puntuale il complesso tema proposto dalla mostra.

MERIDIANI E LONGITUDINI A ROMA

In occasione della XV settimana scientifica nazionale la Biblioteca Casanatense, in collaborazione con lo Studium Urbis, offre al pubblico una mostra in cui scienza, tecnologia e arte si incontrano nella complessa tematica della misura della longitudine connessa a quella della forma e dimensioni della Terra, e alla scelta di meridiani di riferimento.

Da Tolomeo fino ai nostri giorni sono state documentate le tappe fondamentali del progresso scientifico e tecnico con alcuni tra i testi più significativi su questo vastissimo argomento, ed una collezione di carte del Professor Allan Ceen co-promotore di questa mostra. Mostra che nel panorama culturale romano si colloca in parallelo con le mostre sull'Imago Urbis Romae ai Capitolini e su Padre Matteo Ricci al Vittoriano che coprono aspetti figurativi la prima e storico-astronomici la seconda, mentre a Bologna si sta celebrando l'anno Cassiniano per il 350° della meridiana di San Petronio (1655), di cui esponiamo la grande incisione esplicativa.

La mostra si sviluppa per quasi 2 secondi d'arco di longitudine nel Salone Monumentale della Biblioteca Casanatense.

Questo piccolo angolo è quello che una monetina da un Eurocent sottende alla distanza di 2 km, quanto noi siamo separati dalla "mira" posta sul Pincio dal Padre Angelo Secchi (1818-1878) per calibrare lo strumento dei passaggi in meridiano, usato all'Osservatorio del Collegio Romano.

Il Salone Monumentale, se visto dal centro della Terra, sottende questo stesso angolo.

Abbiamo tracciato per l'occasione di questa mostra due meridiani sul pavimento del Salone: uno che passa proprio accanto ai globi celeste e terrestre e attraversa questo tavolo da cui vi parlo. Giace 0 gradi, 0 primi e 4 secondi ad Ovest del Meridiano del Collegio Romano. Ed un altro meridiano attraversa il Salone a metà, vicino all'espositore centrale, che è ancora un ulteriore secondo d'arco verso Ovest.

* ICRA International Center for Relativistic Astrophysics e Università di Roma "La Sapienza" e I.S.P.E.F. Istituto di Studi Pedagogici e Filosofici, Roma.

Se pensiamo che ce ne vogliono 15 di questi spazi di 23 metri, uno dopo l'altro, affinché un passaggio del Sole o di una stella al meridiano avvenga con un secondo di tempo di differenza, ci rendiamo conto di quale livello di precisione sia richiesto in studi di questo genere.

La Biblioteca Casanatense, che annovera tra i suoi direttori un Astronomo: il Padre domenicano Giovanni Battista Audiffredi, possiede numerosi testi scientifici che riguardano queste ricerche, tra i quali abbiamo selezionato quelli in esposizione. Lo stesso Audiffredi, che aveva realizzato una meridiana nella sua specola del Convento della Minerva, oggi perduta, ha pubblicato misure e calcoli sulla longitudine di questo luogo da Parigi fatti nella seconda metà del XVIII secolo.

Allargando il nostro orizzonte al vicino Collegio Romano troviamo i Gesuiti Boscovich e Maire suoi contemporanei, con cui l'Audiffredi era in contatto e scambio di dati. Ruggero Boscovich fu incaricato dal Papa Benedetto XIV di misurare la lunghezza del grado di meridiano nello Stato Pontificio e di rivederne la cartografia, di cui esponiamo un esemplare particolarmente grande. Il meridiano zero è il Collegio Romano.

La misura del grado di meridiano era di duplice utilità. Serviva a ricalibrare le distanze tra due punti, le dimensioni di uno Stato e in ultima analisi quelle della Terra. Se pensiamo che Tolomeo pubblicò nella Geografia una lista di luoghi di cui forniva latitudine e longitudine, comprendiamo l'importanza della conoscenza di riferimento lineare rispetto a tutte le distanze angolari.

In secondo luogo il grado di meridiano serviva anche a stabilire la forma della Terra, se confrontato con quelli di altre latitudini. Per quest'ultimo scopo la Francia nel XVII secolo finanziò delle missioni scientifiche sia in Lapponia che in Cayenna essendo le regioni polari e quelle equatoriali quelle che avrebbero mostrato le maggiori differenze nel caso in cui la forma della Terra si discostasse sensibilmente dalla sfera.

Anche questo è documentato con dovizia dai testi casanatensi esposti.

Per interpretare le misure dei francesi e degli inglesi, Newton approssima la forma della Terra con un ellissoide schiacciato ai poli, in cui gli archi di un grado si allungano leggermente dall'equatore verso i poli.

Potenze marittime come l'Inghilterra, l'Olanda o la Spagna, avevano interesse nella determinazione della longitudine in mare con la massima accuratezza possibile, per rendere più sicura la navigazione. Il cronometro di Harrison o le tavole lunari di Tobias Mayer o le effemeridi dei sa-

telliti Medicei di Galileo furono le risposte che gli scienziati diedero a questa istanza, alla quale erano associati cospicui premi in denaro.

Grazie a queste ricerche già nel suo secondo viaggio del 1772 il Capitano Cook poteva disporre di un cronometro meccanico relativamente compatto con la precisione di mezzo secondo per giorno. Mentre la teoria lunare si era spinta ad una precisione tale da poter usare le occultazioni stellari fatte dalla Luna come eventi di riferimento sia per aggiustare gli orologi che per calcolare la longitudine del luogo.

Le effemeridi dei satelliti di Giove che Galileo proponeva come orologio astronomico di riferimento, furono tanto bene studiate che appena 33 anni dopo la sua morte servirono alla prima determinazione della velocità della luce.

Il legame tra meridiani longitudinali e misure celesti in questa Biblioteca, ed in questo Salone in particolare, non è stato certo difficile mostrarlo.

Tornando allo stato dell'arte al tempo dell'Audiffredi, troviamo il Boscovich intento nella misura del grado di meridiano nello Stato Pontificio. Per fare ciò Egli dovette misurare con estrema precisione una distanza di riferimento.

Bisognava scegliere una "base" ben visibile da lontano, da utilizzare come lato noto di triangoli via via più grandi di cui fossero misurati tutti gli angoli.

Fu scelta la via Appia.

Le misure di Boscovich furono oggetto di discussione per quasi un secolo, quando Padre Angelo Secchi per ordine di Pio IX rifece quelle misure con gli strumenti più aggiornati.

Le "basi" di queste antiche operazioni trigonometriche oggi sono pressoché ignorate dal grande pubblico, ed anche gli esperti incontrano non pochi ostacoli a visitarle e ad evitarne il degrado del tempo.

Attraverso i documenti in possesso della Biblioteca vediamo l'impulso alle scienze sotto il pontificato di Pio IX di cui Secchi fu il rappresentante più celebre e rilevante.

Dopo gli eventi del 1870 il Collegio Romano subisce una seconda diaspora, dopo quella dovuta un secolo prima alla soppressione della Compagnia di Gesù, e per ragioni logistiche i suoi strumenti vengono trasferiti prima all'osservatorio del Campidoglio sulla Torre Clementina, e poi a Monte Mario, dove nel 1938 fu inaugurato il nuovo osservatorio.

Con essi si sposta anche il meridiano di riferimento, di cui al principio del XX secolo era stata eretta la Torre del primo meridiano d'Italia.

Dal punto di vista cartografico queste vicende si traducono in carte che documentano l'uso di vari meridiani di riferimento.

Francesco Bianchini, l'astronomo che costruì lo Gnomone Clementino in Santa Maria degli Angeli nel 1702 realizzò una prima carta dello Stato Pontificio con il meridiano di riferimento passante proprio per la Basilica michelangiotesca di Piazza dell'Esedra. Poi Boscovich e Secchi usano il meridiano del Collegio Romano, mentre il nuovo stato nazionale italiano adotta Monte Mario, il cui meridiano lambisce l'abside della Basilica di San Pietro circa 100 metri a Ovest.

Abbiamo una delle carte della collezione del Prof. Allan Ceen, promotore della mostra, con il meridiano passante esattamente per la cupola di San Pietro com'era in data 1750. Il "Cupolone" è centrato proprio sulla tomba di Pietro, e come a Gerusalemme il Santo Sepolcro, sormontato da una cupola, era considerato il centro del Mondo interpretando la scrittura (cfr. es. Salmo 87,4-5) così il Meridiano di Roma passava per la tomba del primo Vicario di Cristo.

Dopo la Conferenza di Washington in cui nel 1884 furono definiti i fusi orari ed il meridiano di Greenwich come riferimento per tutti, vengono pubblicate ancora carte con il meridiano di Monte Mario come origine delle longitudini, talvolta affiancate a quello di Parigi e a quello di Greenwich, così come nell'atlante stellare di Flamsteed, qui esposto, vengono rappresentate contemporaneamente le coordinate eclitticali e quelle equatoriali.

La collezione di carte consente anche una lettura in chiave storico-politica della vicenda dei meridiani a Roma.

Idee colorate ci invitano anche con plastici e modelli a visitare e far conoscere i luoghi delle longitudini e delle meridiane a Roma: quella di Bianchini a Santa Maria degli Angeli del 1702, quella "catottrica" di Maignan nel convento di Trinità dei Monti del 1641, quella di Piazza San Pietro del 1817, quella di Montecitorio che fu già della grande meridiana di Augusto Imperatore e finanche il vicino Pantheon in cui l'immagine dell'apertura nella più grande cupola del mondo antico disegna percorsi sulle pareti e sul pavimento regolati immutabilmente dalle stagioni. Sono ottimi spunti per le visite d'istruzione degli studenti con il cronometro alla mano... visite in cui arte e scienza si possono incontrare interdisciplinariamente. La costruzione di una linea meridiana viene proposta anche senza le nozioni dell'equazione del tempo, per avvicinare proprio tutti alla secolare scienza della gnomonica, la cui pratica approfondita porta, con l'aumento della precisione e della risoluzione delle misure a specializzarsi nella geodesia e nell'astrometria, pure con le più moderne correzioni relativistiche.

Il valore storico-didattico dell'esposizione di questi documenti rende attuali le vicende storiche, i personaggi coinvolti, lo sviluppo della scienza e della tecnica per soddisfare esigenze di misure e conoscenze sempre più accurate.

La Biblioteca è pertanto onorata di proporre la Mostra Meridiani e Longitudini a Roma, ed annuncia quindi che la Casanatense partecipa ufficialmente con questa "offerta formativa" alla XV settimana nazionale della cultura scientifica e tecnologica. Alla conferenza "**da Galileo al GPS**" che terranno il Prof. Allan Ceen della Pennsylvania University, il Prof. Costantino Sigismondi ed il Prof. Cosimo Palagiano della Sapienza, il dottor Paolo Battinelli dell'INAF, Istituto Nazionale di Astrofisica, e la dottoressa Rita Fioravanti della Biblioteca Casanatense il prossimo **14 marzo 2005 alle 16** in questo Salone Monumentale, sono invitati tutti, ma specialmente gli studenti ed i docenti delle scuole con la certezza che la nostra "poca favilla gran fiamma seconda" come diceva Dante.

L'aggiornamento professionale dei docenti è certificato dall'I.S.P.EF. Istituto di Studi Pedagogici e Filosofici di Roma, che ha contribuito all'organizzazione dell'evento.

Con la presente pubblicazione, che segue la mostra a più di un anno di distanza, proponiamo un catalogo di alcune opere della biblioteca Casanatense esposte per l'occasione, insieme alle carte scelte dalla collezione di Studium Urbis.

Pubblicazioni originali degli autori della mostra completano il quadro tracciando un percorso storico che, centrato sulla città di Roma, attraversa tre interi secoli, da quello dei lumi al presente.

Il volume è completato dagli esperimenti sulla misura della declinazione magnetica, sull'installazione di una meridiana catottrica di 26 metri di focale nella Villa dei Quintili sulla Via Appia e dalle più recenti pubblicazioni sulla Meridiana di Santa Maria degli Angeli, dove confluiscono i risultati di una campagna di misure astrometriche condotta dal Febbraio 2005 a Giugno 2006, che ha portato alla scoperta di effetti relativistici misurati dall'astronomo pontificio Francesco Bianchini già nel 1703. Non poteva mancare uno sguardo alla meridiana della Torre dei venti in Vaticano con il contributo di Giulia Troili. Infine si propone un restauro per ripristinare completamente, ed aggiornare la funzionalità scientifica della Meridiana di Santa Maria degli Angeli. Si ringrazia la Professoressa Erminia Santi per la revisione dei testi.

**MERIDIANI E LONGITUDINI.
CATALOGO DI OPERE A STAMPA, CARTE GEOGRAFICHE,
INCISIONI E STRUMENTI SCIENTIFICI
DELLA BIBLIOTECA CASANATENSE DI ROMA**

La longitudine è una delle due coordinate – l'altra è la latitudine – necessaria per determinare la posizione di un punto sulla superficie terrestre o di un astro sulla volta celeste¹. La longitudine terrestre di un punto è data dalla misura espressa in gradi dell'arco di parallelo passante per quel punto e compreso fra esso e il meridiano 0°, il meridiano primo. La storia della determinazione di questa coordinata è dunque anche una storia dei primi meridiani. Solo nel 1884 infatti le nazioni partecipanti alla Conferenza di Washington convennero nella scelta del Meridiano di Greenwich come meridiano fondamentale, origine per il calcolo delle longitudini e per la misurazione del tempo universale.

Determinare con precisione la longitudine divenne una vera e propria sfida per la scienza quando la scoperta dell'America e la navigazione transoceanica resero la questione, insoluta fino a quel momento, di importanza vitale. Senza questa coordinata era infatti impossibile delineare carte nautiche e geografiche attendibili e garantire la sicurezza della navigazione in mare aperto. Le distanze tra i continenti si erano rivelate enormi e la dimensione della Terra ben maggiore di quella calcolata da Claudio Tolomeo, il grande astronomo alessandrino, la cui opera geografica, dimenticata dalla cultura europea, ma non da quella araba, era stata riscoperta solo agli inizi del Quattrocento, quando Jacopo Angelo da Scarperia aveva portato a termine la versione latina della Γεωγραφικὴ Ὑφήγησις. Nel 1514 l'astronomo, matematico e geografo tedesco Johann Werner (1468-1522/28) pubblicava una raccolta di scritti aperta da una nuova traduzione in latino del libro primo della *Geographia* tole-

¹ La longitudine celeste è l'ascensione retta.

maica²: nel commento al capitolo IV Werner afferma che la differenza di longitudine tra due luoghi può essere determinata dall'osservazione simultanea di un'eclisse di luna, ma accanto a questo metodo propone un sistema di calcolo della coordinata basato sulle distanze della Luna dalle stelle fisse. Nell'edizione stampata ad Anversa nel 1533 del *Cosmographicus liber Petri Apiani mathematici*, Reinerus Gemma Frisius (1508-1555) aggiungeva un capitolo intitolato *Libellus de locorum describendorum ratione, & de eorum distantibus inveniendis*, in cui veniva per la prima volta formulato il principio della triangolazione come sistema per il corretto posizionamento dei luoghi sulla superficie terrestre e per la loro accurata rappresentazione cartografica.³ Lo stesso Gemma Frisius nel 1553, dando alle stampe una nuova edizione del suo *De principiis astronomiae & cosmographiae*,⁴ vi inseriva il capitolo intitolato *De novo modo investigandi latitudinem regionis absq. meridiani vel loci solis cognitione*, in cui suggeriva di calcolare la longitudine usando un orologio regolato sul tempo di un meridiano di riferimento: il confronto tra il tempo assoluto e quello locale, avrebbe consentito di determinare la differenza di longitudine tra i due luoghi. Nel 1610 Galileo (1564-1642) pubblicava il *Sidereus nuncius*⁵ in cui annunciava tra l'altro la scoperta, grazie al cannocchiale, dei satelliti di Giove e poco dopo sosteneva la possibilità di determinare la longitudine attraverso le loro eclissi. La questione della longitudine costituì uno dei temi centrali dell'astronomia tra Sei e Settecento. Se da un lato astronomi, fisici e matematici, soprattutto inglesi e tedeschi, lavorarono al perfezionamento della determinazione della coordinata attraverso il metodo delle distanze lunari, elaborando tavole astronomiche sempre più affidabili, dall'altro, grazie a Gian Domenico Cassini (1625–1712), il metodo proposto da Galileo venne applicato con straordinario successo in Francia. Infine l'invenzione del cronometro nautico da parte dell'orologiaio e meccanico inglese John Harrison (1693

² CLAUDIUS PTOLEMAEUS, *In hoc opere haec continentur noua traslatio primi libri geographiae Cl. Ptolemaei quae quidem translatio verbum: habet e verbo fideliter expressum: Ioanne Vernero Nurenbergense interprete...* Nurenbergae, impressus a Ioanne Stuchs, 1514.

³ PETRUS APIANUS, *Cosmographicus liber Petri Apiani mathematici, iam denuo integritati restitus per Gemmam Phrysium. Item eiusdem Gemmae Phrysij libellus de locorum describendorum ratione...* Antuerpiae, Ioan. Grapheus typis cudebat, 1533.

⁴ GEMMA FRISIUS, *De principiis astronomiae & cosmographiae deque usu globi...* Antuerpiae, in aedibus Ioannis Steelsii, 1553.

⁵ G. GALILEI, *Sidereus nuncius magna longeque admirabilia spectacula pandens...* Venetiis, apud Thomam Baglionum, 1610.

– 1776) rese praticabile il sistema suggerito da Gemma Frisius. Astronomia, matematica, fisica ed evoluzione della strumentazione concorsero dunque insieme alla risoluzione del problema della tanto desiderata longitudine, risoluzione che ebbe ricadute di fondamentale importanza per il progresso della geografia e della cartografia. Tra astronomia e geografia si sviluppò una scienza autonoma: la geodesia. La necessità di tradurre il grado, unità di misura della longitudine e della latitudine, in un'unità di misura lineare attraverso la quale calcolare la dimensione della Terra e definire la scala di riduzione della rappresentazione cartografica, indusse gli scienziati alla raccolta di dati sperimentali che fece crollare la certezza consolidata che il globo terrestre fosse perfettamente sferico. Nella prima metà del XVIII secolo il mondo scientifico fu attraversato dalle polemiche tra newtoniani e cartesiani sulla misura e figura del pianeta, mentre il tentativo di elaborare modelli matematici capaci di dare un'interpretazione coerente dei dati sperimentali raccolti, troverà soluzione solo con gli sviluppi successivi della geodesia sia terrestre sia, attualmente, satellitare. Dietro lo sforzo compiuto per determinare la longitudine non ci furono tuttavia esigenze meramente speculative, ma, come detto, ragioni pratiche, ragioni cioè politiche, militari, economiche e sociali. Garantire la sicurezza della navigazione significava infatti garantire la sicurezza dei commerci e il dominio sui mari, e l'esatto posizionamento dei luoghi sulla terraferma, come è evidente, ricopriva un'analogha importanza. Le grandi potenze marinare, Spagna, Olanda, Francia, Inghilterra scesero in campo con tutto il loro peso, mettendo in palio cospicui premi, fondando istituzioni come l'Observatoire di Parigi e il Royal Observatory di Greenwich, finanziando spedizioni in terre lontane, stipendiando una nuova classe di scienziati professionisti.

Questa complessa vicenda viene illustrata attraverso opere a stampa, carte geografiche e incisioni della Biblioteca Casanatense di Roma.⁶ L'indagine bibliografica, con l'eccezione del 'Tolomeo di Ulm' che apre il ca-

⁶ Fondata per lascito testamentario dal cardinale Girolamo Casanate (1620-1700) e da questi affidata ai Domenicani del Convento di Santa Maria sopra Minerva, la Casanatense aprì al pubblico il 3 novembre 1701, non appena terminati i lavori di costruzione del 'vaso' appositamente progettato nel lato meridionale del chiostro maggiore del Convento minervitano. Nel 1873, in forza della legge sulla soppressione delle corporazioni religiose, passò allo Stato. Oggi è una biblioteca pubblica statale, dipendente dal Ministero per i Beni e le Attività Culturali. Sulla storia della Biblioteca Casanatense e sui suoi fondi cfr.: V. DE GREGORIO, *La Biblioteca Casanatense di Roma*. Napoli 1993; *La Biblioteca Casanatense*. Ideazione e presentazione di C. PIETRANGELI. Firenze 1993.

talogo, ha privilegiato la storia del progresso compiuto dall'astronomia e dalla geografia tra Seicento e Settecento, per poi delineare le vicende che portarono alla determinazione a Roma del Meridiano di Monte Mario, scelto come Primo Meridiano d'Italia, origine delle longitudini e punto fondamentale del rilevamento geodetico nazionale. Il materiale bibliografico e iconografico, organizzato con criteri storico-geografici, è per così dire, idealmente posto sui 'meridiani primi': il Meridiano dell'Isola di Ferro, isola delle Canarie (le Isole Fortunate di Claudio Tolomeo, limite estremo a ovest del mondo abitato), il Meridiano di Greenwich, il Meridiano, glorioso, di Parigi e infine i meridiani (e le meridiane) di Roma.

Nell'*Appendice* sono descritti i grandi globi settecenteschi di Silvestro Amanzio Moroncelli, realizzati per la Casanatense e posti nel Salone monumentale, e pochi altri strumenti scientifici pure conservati nella Biblioteca. Una piccola sezione è dedicata al più illustre prefetto casanatense, il domenicano Giovanni Battista Audiffredi (1714-1794). Personalità tra le più importanti nella storia delle biblioteche e delle scienze bibliografiche, Audiffredi fu infatti anche un astronomo, anzi fu - il giudizio è di Lalande - un abile astronomo.⁷ Nel Convento di S. Maria sopra Minerva attrezzò un osservatorio nella loggia del Noviziato e poiché "fundamentum omnium observationum est linea meridiana", lì nel 1751 tracciò la sua meridiana.⁸ Né va dimenticato che un'altra meridiana venne costruita sempre a Roma da Audiffredi tra il 1777 e il 1778: quella della Specola Caetani, la Specola cioè creata dal duca Francesco Caetani nel suo palazzo, in via delle Botteghe Oscure⁹. Sotto la direzione di Eusebio Veiga (1718-1798), la Specola diede inizio nel 1784 alla pubblicazione delle *Effemeridi romane calcolate pel mezzo di vero del Meridiano di Roma, ad uso della Specola Caetani per l'anno 1785*, stampate, a partire dal 1786 con il titolo *Tavole dell'effemeridi astronomiche...*¹⁰. Fu questa la prima serie periodica di tavole astronomiche pubblicate a Roma.

⁷ Cfr. J-J. DE LALANDE, *Voyage d'un françois en Italie*. A Venise 1769, t. V, p. 247. Sulla figura e l'attività di Audiffredi cfr.: *Giovanni Battista Audiffredi (1714-1794)*, a cura di A. A. CAVARRA. Roma 1993.

⁸ G. B. AUDIFFREDI, *Mercurius in sole visus observatio habita Romae aedibus FF. PP. S. Mariae super Minervam die sexta maii MDCCLIII* [Romae, Typ. Palearinis, 1753], p. 4

⁹ Sulla Specola Caetani cfr.: G. MONACO, *La Specola Caetani* in "Studi romani", 31(1983), p. 13-33.

¹⁰ *Effemeridi romane calcolate pel mezzo di vero del Meridiano di Roma, ad uso della Specola Caetani per l'anno 1785 [-1786]*. In Roma, presso Antonio Fulgoni, 1784- 1785. Dal 1786 la serie fu data alle stampe con il titolo *Tavole dell'effemeridi astronomiche calcolate al mezzo giorno di tempo medio del meridiano di Roma ad uso della Specola Caetani*.

L'opera geografica di Tolomeo

1. Claudius Ptolemaeus

Cosmographia [in latino], trad. Jacobus Angelus. [Precede:] Nicolaus Germanus, Epistola Paulo II.

Ulm, Lienhart Holle, XVII Kal. Aug. [16 VII] 1482.

[69] c., [32] c. di tav. doppie ill., c. geogr. fol.

Vol. Inc.732

Prima celebre edizione tedesca dell'opera geografica di Claudio Tolomeo (ca. 100 - ca. 178 d.C.), nella versione latina dal greco, portata a compimento tra il 1406 e il 1409, da un allievo dell'umanista bizantino Manuele Crisolora (1350 ca. -1415), Jacopo Angelo da Scarperia (1360 ca.-1410/11), che dedicò la traduzione al pontefice Alessandro V. La *Cosmographia* – questo il titolo dato da Jacopo Angelo alla Γεωγραφικὴ Ὑφήγη (letteralmente *Introduzione alla geografia*) dell'astronomo alessandrino – fu stampata per la prima volta a Vicenza da Hermann Liechtenstein nel 1475, senza carte geografiche. L'incunabolo impresso a Ulm dieci anni prima della scoperta dell'America, e' corredato da 32 carte geografiche (31 a doppia pagina) incise su legno da Johann Schnitzer da Armheim, la cui sottoscrizione compare sulla prima rappresentante il planisfero. Alle 27 carte tradizionali, che molti ritengono volute dallo stesso Tolomeo per la sua opera (una dell'intera ecumene, il mondo abitato, 10 dell'Europa, 4 dell'Africa e 12 dell'Asia), si aggiungono per la prima volta 5 *tabulae modernae*: Spagna, Francia – mancante nella copia casanatense - Italia, Palestina, Nord Europa con la Scandinavia). Inquadrate da una cornice, le carte, nell'esemplare colorate ad acquerello, sono sviluppate secondo la proiezione conica trapezoidale inventata dal monaco benedettino tedesco Nicolaus Germanus (attivo 1460-1475). Cosmografo e cartografo, Nicolaus Germanus fu attivo in Italia presso le corti degli Este e dei Medici. Sono noti i codici della *Cosmographia* illustrati con le sue carte: quello che servì da modello per l'edizione del 1482 è identificato nel codice datato 4 ottobre 1468 dedicato a Paolo II, conservato nel castello di Wolfegg.

Il testo geografico di Tolomeo è organizzato in otto libri. Innanzitutto vengono definiti i principi generali della geografia, intesa come conoscenza scientifica del mondo abitato. Dalla geografia si distingue la corografia intesa come rappresentazione delle singole parti. Sono poi esa-

minati i sistemi di rappresentazione piana della Terra, che si potevano ormai giovare del reticolo formato dai meridiani e dai paralleli introdotto da Marino di Tiro (70-130 d. C). Seguono lunghissimi elenchi degli oltre ottomila luoghi conosciuti, con le relative coordinate geografiche. L'ultimo libro riguarda la divisione della Terra in zone climatiche, la durata dei giorni più lunghi nei vari luoghi della Terra ed altri aspetti astronomici. Il grande astronomo accoglie il valore di 180.000 stadi, già attribuito a Posidonio, quale misura della circonferenza massima della Terra, una stima molto più lontana dal vero di quella di 250.000 stadi calcolata da Eratostene. Il primo meridiano è quello delle Isole Fortunate, considerate l'estremo limite ad ovest del mondo abitato. Gli altri confini sono a nord Thule, a sud Agisymba e a est Sera Metropolis, la località più orientale ricordata.

Il volume è aperto alla prima tavola in cui è delineato il planisfero, circondato dalle raffigurazioni dei venti nell'atto di soffiare. Il mondo conosciuto fino al Tropico del Cancro occupa circa la metà dell'emisfero settentrionale e ha sul planisfero un'estensione da sud a nord di 80 gradi di latitudine e da ovest a est di 180 gradi di longitudine.



Fig. 1 – L'Ecumene Tolemaico.

2. Galileo Galilei

Opere di Galileo Galilei linceo nobile fiorentino già lettore delle matematiche nelle Università di Pisa, e di Padova, di poi sopraordinario nello Studio di Pisa. Primario filosofo, e matematico del... gran duca di Toscana. In questa nuoua editione insieme raccolte, e di varij trattati dell'istesso autore non più stampati accresciute. Al serenissimo Ferdinando II. gran duca di Toscana. In Bologna, per gli hh. del Dozza, 1656.2 v. 4°

L. XI. 71-72

Nell'edizione il curatore Carlo Manolessi raccoglie i più celebri e fondamentali scritti galileiani, tra i quali tuttavia non figura il *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, messo all'Indice nel 1634. La maggior parte delle singole opere è introdotta da un frontespizio proprio, datato 1655 o 1656; l'antiporta allegorica è incisa da Stefano Della Bella (1610-1664). Si segnalano brevemente solo le parti che più interessano le tematiche connesse alla misurazione delle distanze e quindi della longitudine.

Nel primo volume, a fronte del frontespizio de *Le operazioni del compasso geometrico, e militare*, è il ritratto di Galileo, ristampa dell'incisione di Francesco Villamena (1566 – 1624). Pubblicato per la prima volta nel 1606, per i tipi di Pietro Marinelli, a Padova, “in casa dell'autore”, in soli sessanta esemplari e dedicato al granduca Cosimo II, il trattato su *Le operazioni del compasso geometrico, e militare* fu il risultato di anni di studio e di prove dedicati dallo scienziato alla progressiva definizione dello strumento. Seguono, nello stesso volume, le *Annotazioni... sopra 'l trattato dell'istrumento delle proporzioni del sig. Galileo Galilei* dell'austriaco Matthias Bernegger, il celebre plagio di Baldassarre Capra *Vsus et fabrica circini cuiusdam proportioni...*, edito per la prima volta a Padova nel 1607, e la *Difesa... contro alle calunie & imposture di Baldessar Capra milanese, vsategli sì nella considerazione astronomica sopra la nuoua stella del MD-CIII. Come (& assai più) nel pubblicare nuouamente come sua inuentione la fabrica, & gli vsi del compasso geometrico, & militare*, pubblicata sempre nel 1607 da Galileo a Venezia, nella quale il plagiatario veniva svergognato. Il secondo volume si apre con il *Sidereus nuncius magna, longeque admirabilia spectacula pandens...* Nell'opera, come noto, Galileo comunica le straordinarie osservazioni e scoperte fatte *perspicilli nuper a se reperito beneficio*: l'irregolarità della superficie lunare quale causa dell'irregolarità della luminosità lunare, l'aumento del numero di stelle visibili, la composizione della Via Lattea e dei corpi nebulari e la scoperta dei satelliti di

Giove. Dedicato al granduca Cosimo II de' Medici, in onore del quale l'astronomo chiamò i satelliti di Giove *Medicea Sidera*, il *Sidereus nuncius* fu stampato per la prima volta a Venezia da Tommaso Baglioni nel 1610.



Fig. 2 – Galileo, le eclissi dei satelliti di Giove e la longitudine: per misurare la longitudine sono necessari un orologio che misuri il tempo trascorso *a meridie*, dal mezzogiorno locale, ed un evento astronomico prevedibile con una precisione al secondo. Le eclissi dei satelliti galileiani erano eventi determinabili con 1 minuto di precisione, corrispondente ad $1/4^\circ$: una precisione 4 volte superiore al minimo richiesto per il premio messo in palio dai reali d'Olanda. Naturalmente era necessario che questa osservazione fosse fattibile in nave e che anche l'orologio fosse altrettanto preciso. Galileo nel 1637 afferma in questa lettera alle autorità olandesi che tutte queste condizioni sono ormai soddisfatte. Nel 1675 confrontando le effemeridi delle eclissi dei satelliti di Giove con i dati osservativi il danese Ole Rømer dimostrò che la velocità della luce è finita. Le eclissi dei satelliti di Giove venivano osservate dalla Terra in anticipo rispetto alle previsioni se il pianeta era più vicino alla Terra (in opposizione al Sole) e in ritardo se era lontano (verso la congiunzione col Sole). Anticipi e ritardi arrivavano ad un massimo di 8 minuti, che è la distanza luce Terra-Sole. Questo dimostra che la precisione indicata da Galileo era corretta, pur essendo ancora agli inizi la qualità tecnica dei suoi cannocchiali.
(Costantino Sigismondi)

3. Galileo Galilei

Opere di Galileo Galilei nobile fiorentino primario filosofo, e matematico del... gran duca di Toscana. In Firenze, 1718.3 v. 4°

M. X. 54-56

Anche questa raccolta, curata da Tommaso Buonaventuri, non contiene il *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*. Ogni volume ha frontespizio proprio sul quale figura oltre all'editore, "Nella Stamp. di S.A.R. per Gio. Gaetano Tartini, e Santi Franchi", l'indicazione dell'edizione: "Nuova edizione coll'aggiunta di varj trattati... non più dati alle stampe". Vengono brevemente segnalate solo le opere che più interessano le tematiche connesse alla determinazione della longitudine.

Nel primo volume è pubblicato, tra gli altri, il trattato su *Le operazioni del compasso geometrico, e militare*, seguito dalle *Annotazioni* di Matthias Bernegger, dal plagio del Capra e dalla *Difesa* di Galileo. Il compasso, di cui dopo il 1597 Galileo aveva iniziato la produzione in serie, è raffigurato in una tavola ripiegata. Ben 32 le operazioni geometriche, militari, di cambio, di calcolo degli interessi, di calcolo per trovare la media proporzionale, per estrarre le radici quadrate o cubiche, di balistica e di astronomia che potevano essere effettuate attraverso il suo uso. Lo strumento è composto da due bracci e da un quadrante – inciso sulla tavola in alto – sul cui dritto sono varie scale proporzionali. I bracci sono imperniati in un disco tondo detto *nocella*. Sul dritto e sul rovescio recano varie scale graduate: linee aritmetiche, geometriche, stereometriche, metalliche, poligrafiche, tetragoniche e aggiunte, per quadrare porzioni di cerchio. Il quadrante, fissato per mezzo di viti, dette *galletti*, ai fori praticati nei bracci del compasso, consente di usare questo come squadra dei bombardieri e come quadrante astronomico. Un cursore, detto *zanca*, infilato in uno dei bracci del compasso permette infine di tenere lo strumento in verticale e di allungare il braccio nel quale è infilato.

Nel secondo volume, in cui è pubblicato il *Sidereus nuncius*, alle p. 180-181 sono stampate le osservazioni dei satelliti di Giove, i pianeti medicei, effettuate da Galileo nel 1613. Alle p. 123-191 del terzo volume sono edite le *Lettere di Galileo Galilei in proposito di trovare le longitudini per via de' Pianeti Medicei, coll'aggiunta d'altre lettere scritte al Galileo, intorno alla medesima materia*. Affrontando il problema della determinazione della longitudine Galileo suggerì di calcolarla attraverso le eclissi dei satelliti di Giove, piuttosto che attraverso le eclissi lunari. Le lettere testimoniano gli sforzi compiuti dallo scienziato nel sottoporre il suo metodo innanzitutto all'attenzione di Filippo III, re di Spagna, nella speranza di vedersi assegnato il pre-

mio di 6000 ducati e la rendita vitalizia di 2000 ducati – oltre i 1000 ducati per coprire le spese – messo in palio da Filippo II nel 1567 a favore di chi avesse risolto per primo il problema della determinazione della longitudine. La corrispondenza con la corte durò più di 16 anni senza che Galileo riuscisse nel suo intento di persuadere gli Spagnoli. Più tardi, nel 1636, quando l’Olanda offrì un grosso premio all’inventore di un metodo affidabile per scoprire la longitudine in mare, Galileo, che all’epoca era costretto al domicilio coatto nella sua villa di Arcetri, a seguito della condanna del Sant’Uffizio, presentò il suo agli Stati Generali della Repubblica delle Province Unite. L’Inquisizione impedì allo scienziato i rapporti con i commissari olandesi che avevano cercato di fargli visita. Nel 1642 Galileo moriva senza che nulla fosse concluso in proposito. Sempre nel terzo volume alle p. 476-478 è edita la *Lettera di Galileo Galilei al sig. Beaugrand nella quale si esamina il modo proposto dal Morino di ritrovare le longitudini*, datata Arcetri, 9 novembre 1633. In essa Galileo, difendendo il suo metodo, esamina quello proposto da Jean-Baptiste Morin (1583-1656) “intorno al modo di trovare la longitudine per via del moto della Luna”, affermando di stimare “altrettanto vera tale invenzione in astratto, quanto fallace, e impraticabile in concreto, e atto pratico”. Nella stessa lettera Galileo racconta che era stato lo stesso Morin a mandargli una copia del suo trattato sulle longitudini, trattato la cui edizione uscirà nel 1634 con il titolo *Longitudinum terrestrium necnon coelestium, nova et hactenus optata scientia*.

Se il metodo basato sulle eclissi dei satelliti gioviani suggerito da Galileo non risolse il problema del calcolo della longitudine in mare, poiché il movimento della nave impediva di utilizzare convenientemente il cannocchiale per le osservazioni, il suo successivo perfezionamento ad opera di Gian Domenico Cassini (1625–1712) permise di risolvere invece il problema del calcolo della longitudine sulla terraferma (cfr. scheda n. 16).

L’astronomia in Inghilterra dalla metà del Seicento alla fine del XVIII secolo e il problema della determinazione della longitudine in mare

4. Jacobus Houbraken (1698 – 1780)

Ritratto di Isaac Newton
dal dipinto di Godfrey Kneller (1646-1723)
Incisione su rame, 369 x 232 mm

P.I. 2.CCC

L’incisione fa parte di una serie di ritratti che andarono a comporre l’opera *The heads of illustrious persons of Great Britain, engraved by*

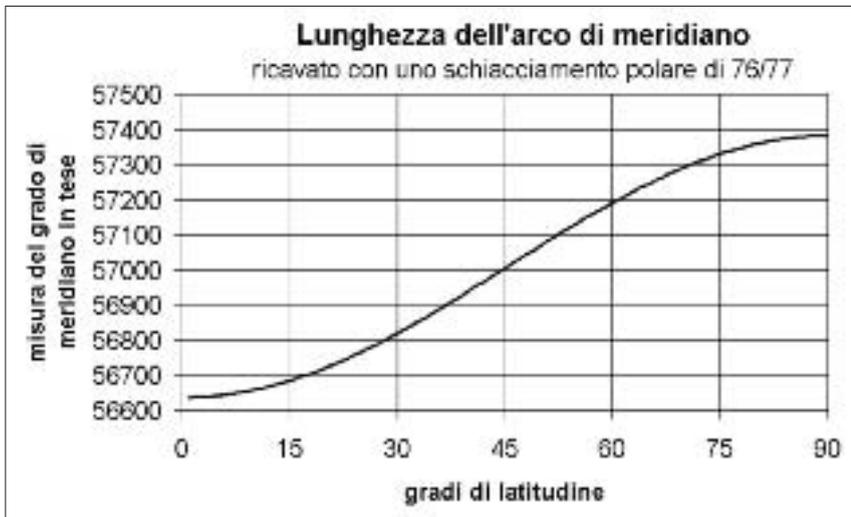
Mr. Houbraken and Mr. Vertue. With their lives and characters by Thomas Birch, edita a Londra dai fratelli Knapton tra il 1743 e il 1752. La raccolta fu nuovamente pubblicata sempre a Londra dai Knapton nel 1756 e nel 1813 da William Byanes. Incisioni su rame tutte derivate da dipinti conservati in collezioni inglesi, sono opera del ritrattista fiammingo Jacobus Houbraken (1698 – 1780) e dell'artista e storico inglese George Vertue (1684-1756).

La serie casanatense, priva di frontespizio e senza le biografie dello storico Thomas Birch (1705-1766), è costituita da 58 stampe non numerate, molte delle quali realizzate tra il 1737 e il 1742. Il ritratto di Newton è il n. [8]: traduzione grafica del dipinto di Godfrey Kneller (1646-1723), si presenta secondo il modulo compositivo adottato per l'intera serie, entro cioè una cornice ovale posta su un basamento riccamente decorato.



Fig. 3 – Isaac Newton.

Fig. 3 – Newton e la forma della Terra: la tabella del III libro dei principia mostra l'aumentare della lunghezza del grado di meridiano verso i poli nell'ipotesi che la Terra sia un ellissoide schiacciato ai poli. Gli archi di un grado di meridiano verso i poli tendono alla lunghezza di quelli della sfera di raggio pari a quello equatoriale. Nella figura sono stati calcolati gli archi di meridiano con uno schiacciamento polare di $76/77$ per riprodurre i valori tabulati da Newton. L'ellissoide che approssima meglio la forma della Terra ha uno schiacciamento di $296/297$.



Newton calcola anche la lunghezza del pendolo necessaria ad avere una semioscillazione di durata 1 s, nell'ipotesi di densità omogenea dell'interno della Terra, variando la gravità locale per effetto dello schiacciamento polare. In questo modo riconsidera anche i dati delle spedizioni francesi alla Cayenna dove si verificò un ritardo dei pendoli rispetto ai fenomeni astronomici dovuto alla minor accelerazione di gravità verso l'equatore.

(Costantino Sigismondi)

5. Isaac Newton

Philosophiae naturalis principia mathematica. Auctore Isaaco Newtono, equite aurato. Editio ultima auctior et emendatior.

Amstaelodami, sumptibus Societatis, 1714.

[28], 484, [8] p., [1] c. di tav. ripieg. ill. 4°

M.VI.36

La prima edizione dei *Philosophiae naturalis principia mathematica* fu pubblicata a Londra, “Jussu Societatis Regiae ac Typis Josephi Streater”, nel 1687. Una seconda edizione - di cui questa descritta, impressa ad Amsterdam nel 1714 è una ristampa - uscì a Cambridge nel 1713 con l’aggiunta delle *Regulae philosophandi* e dello *Scholium generale*. L’ultima, pure londinese, è del 1726. Opera fondamentale del pensiero scientifico moderno, i *Principia mathematica* – titolo che sottolinea subito la polemica con Cartesio e i suoi *Principia Philosophiae*, editi nel 1644 - si aprono con la formulazione dei tre assiomi o leggi fondamentali del moto: il principio d’inerzia, il principio secondo il quale il cambiamento del moto è proporzionale alla forza motrice impressa ed avviene lungo la linea retta sulla quale la forza è impressa ed, infine, formulato per la prima volta proprio da Newton, il celebre principio di azione e reazione. La materia, trattata in modo rigorosamente geometrico, è poi organizzata in tre libri. Il libro I si occupa, del moto dei corpi nel vuoto. In particolare è studiato il moto orbitale e sono analizzati problemi introdotti dall’attrazione reciproca. La *Propositio LXVI* relativa al problema dei tre corpi, con i suoi 22 corollari, funge da introduzione ai temi più complessi del libro III, quali la teoria lunare, le comete e la precessione degli equinozi. Il libro II, dedicato allo studio del moto dei corpi in mezzi resistenti (acqua, aria, ecc.) culmina con la confutazione della teoria cartesiana dei vortici. Nel libro III, intitolato *De mundi systemate*, Newton formula il principio della gravitazione universale: l’universo è regolato da un unico principio, quello di una forza attrattiva proporzionale alla massa dei corpi e che diminuisce secondo il quadrato delle distanze.

Nella *Propositio XIX. Problema III* e nella *Propositio XX. Problema IV* del libro III Newton, sulla base dei dati sperimentali disponibili, tra i quali quelli di Jean Picard e Jean Richer (cfr. schede n. 17 e 19) – latitudine, lunghezza del pendolo in rapporto alla latitudine e misura del grado di meridiano - dimostra che la figura della Terra è quella di uno sferoide schiacciato ai poli e rigonfio all’equatore, a causa del movimento di rotazione e della sua massa.

6. Scuola fiamminga (secc. XVII-XVIII)

Veduta del Royal Hospital for Seamen di Greenwich.

Incisione su rame, particolare, 365 x 450 mm (misura del foglio)

In La galerie agréable du monde, où l’on voit en un grand nombre de cartes très-exactes et des belles tailles-douces, les principaux empires, roïau-

mes, républiques, provinces, villes,... dans les quatre parties de l'univers; divisée en LXVI. tomes.... Tome premier du Grand Bretagne & d'Irlande. A Leide, par Pierre van der Aa, marchand libraire, [prima del 1733], tav. [7].

N.IX.11

L'immagine è un particolare - riquadro in alto a sinistra - di una delle circa 3000 incisioni che compongono *La galerie agréable du monde*, grandiosa opera illustrata a carattere storico-geografico, divisa in 66 tomi, pubblicata a Leida prima del 1733 dall'editore e mercante di libri Pieter van der Aa (1659-1733). I rami si devono alla mano di un gruppo di artisti fiamminghi attivi tra la fine del XVII secolo e la prima metà del secolo XVIII, tra i quali Jan Luyken, Joseph Mulder, Daniel Stopendael, Jan Goeree. Nell'incisione in primo piano è una bella prospettiva, datata 1699, del Royal Hospital for Seamen, complesso di edifici progettati dagli architetti sir Christopher Wren e Nicolas Hawksmoor, dal 1873 sede dell'Old Royal Naval College. Sullo sfondo, al centro sulla collina, si intravede la sagoma della Flamsteed House, pure progettata da Wren, nucleo originario del Royal Observatory.

L'Osservatorio venne fondato nel 1675 da Carlo II, su iniziativa dell'astronomo reale John Flamsteed, che per primo ne determinò il meridiano, con lo scopo di essere di supporto alla navigazione e di trovare il tanto desiderato metodo certo per calcolare la longitudine, sia in mare sia in terra, attraverso misurazioni astronomiche. Ciò era inseparabilmente connesso all'esatta misurazione del tempo.

7. John Flamsteed

Historiae coelestis Britannicae volumen primum [- tertium]...
Londini, typis H. Meere, 1725.3 v. fol.

K.III.6-8 CCC

Nel 1676, due mesi dopo essersi insediato a Greenwich, John Flamsteed (1646 – 1719) dava inizio alle osservazioni astronomiche, usando il grande quadrante murale fatto installare a sue spese nell'Osservatorio. Flamsteed determinò il meridiano, indispensabile alle osservazioni stesse. Dimostrare innanzitutto che il movimento di rotazione della Terra sul proprio asse avvenisse a velocità costante, condizione essenziale per tutti i metodi proposti per il calcolo della longitudine, fu il suo primo scopo. Tra le prime rilevazioni condotte ci furono quelle di Sirio, la stella scelta in luogo del Sole, per marcare il tempo. I risultati delle circa

20.000 osservazioni compiute a partire dal 1676 nell'Osservatorio di Greenwich confluirono nel catalogo di 3000 stelle pubblicato postumo con il titolo di *Historia coelestis Britannica* nel 1725, un catalogo di straordinaria accuratezza e precisione. I dati forniti dalle osservazioni del moto lunare elaborati da Flamsteed furono di estrema importanza anche per Newton, impegnato a definire a sua volta il moto lunare alla luce del principio di gravitazione universale. Una prima edizione del catalogo curata da Halley, dietro sollecitazione di Newton stesso, sulla base del materiale depositato presso la Royal Society, apparve con il titolo di *Historia coelestis libri duo*, nel 1712, a Londra "Typis J. Matthews". Flamsteed ricusò la pubblicazione come spuria e ottenne che delle 400 copie stampate 300 venissero distrutte. Per l'edizione postuma del 1725 il lavoro di Flamsteed venne completato dal suo assistente Joseph Crowthwait e dal matematico e collaboratore Abraham Sharp (1651-1752). L'opera è introdotta da un'epistola dedicatoria al sovrano Giorgio I, firmata dalla vedova dell'astronomo Margaret Flamsteed e dal matematico James Hodgson (1672-1755).

L'esemplare della *Historia coelestis Britannica* posseduto dalla Casanatense è mutilo di alcune tavole tra le quali il ritratto di Flamsteed, inciso da George Vertue, e la raffigurazione del quadrante murale.

8. John Flamsteed

Atlas coelestis. By the late reverend Mr. John Flamsteed, regius professor of astronomy at Greenwich.

London, printed in the year 1753.

[4], 9, [1] p., [1] c. di tav., 27 c. di tav. doppie ritr. fol.

M.I.8 CCC

Splendido atlante celeste, pubblicato postumo per la prima volta nel 1729 a complemento dell'*Historia coelestis Britannica*. È formato da 27 tavole doppie incise con le raffigurazioni delle costellazioni: la n. 10, *Pisces*, la n. 16, *Andromeda, Perseus, Triangulum*, e la n. 21, *Hercules, Corona & Lyra*, recano la sottoscrizione dell'incisore, James Mynde (attivo nella metà del sec. XVIII), mentre la vignetta allegorica sul frontespizio e a p. 1 è incisa da Louis Du Guernier II (1658/1659-1716), su disegno di Giovanni Battista Catenaro (1691-1727). Il volume si apre con il ritratto di Flamsteed: derivato dal dipinto del 1712 di Thomas Gibson (ca. 1680-1751) e datato 1721, il rame è firmato dall'artista inglese George Vertue (1683-1756). Seguono il frontespizio dell'opera, la dedica al sovrano Giorgio II, e la prefa-

zione della vedova dell'astronomo, Margaret Flamsteed, e del matematico James Hodgson (1672-1755). Nella prefazione è tracciata una breve storia della rappresentazione delle costellazioni e della sfera celeste, che, a partire dalla più antica tradizione caldaica, attraverso Ipparco e Tolomeo giunge fino all'*Uranometria* di Johann Bayer (1572-1625) e all'*Uranographia* di Johannes Hevelius (1611-1687), non senza sottolineare come rispetto al catalogo di Hevelius quello di Flamsteed contenga "almost double the number of the stars". Vengono inoltre illustrati i vantaggi dell'opera di Flamsteed e soprattutto le innovazioni introdotte nel disegnare le mappe per quanto riguarda il sistema di proiezione adottato. L'*Atlas*, che dal punto di vista artistico si avvale della creatività del pittore James Tarnhill (1675-1734), ebbe un successo grandissimo e fu più volte ristampato nel corso del Settecento. In 25 mappe celesti le tavole numerate XXVI e XXVII raffigurano integralmente la volta celeste. Le stelle – circa 3300 – sono collocate nella sfera celeste attraverso le loro coordinate equatoriali: ascensione retta e declinazione. Per opera del matematico Abraham Sharp (1651-1752), collaboratore di Flamsteed, nelle tavole questo reticolo viene sovrapposto a quello eclitticale. L'innovazione fu resa possibile dall'introduzione nell'osservazione, dell'orologio a pendolo il quale consentiva di calcolare, dalla differenza dei tempi del passaggio delle stelle sul meridiano, la differenza di ascensione retta. Il polo artico e quello eclitticale sono rappresentati contemporaneamente nella tavola n. 15, *Cassiopea, Cepheus, Ursa Minor, Draco*. La tavola n. 14, *Hydra, Crater, Corvus, Sextans, Virgo*, è una tavola ripiegata, di dimensioni maggiori delle altre. Questa differenza di formato è anch'essa una conseguenza del sistema di proiezione e della scala adottati. Infatti la costellazione dell'Idra, "which extends to above 80 degrees of right ascension, and being likewise very near the Equator where the degrees are widest", non avrebbe potuto essere rappresentata su un solo foglio senza alterare la scala usata nelle altre carte. Allargando invece il formato del foglio di stampa è stato possibile rappresentare insieme alla costellazione dell'Idra, anche le costellazioni del Cratere, del Corvo, del Sestante e molte stelle della Vergine. Altra particolarità dell'atlante di Flamsteed è dunque quella che le tavole che lo compongono, proprio per i parametri con cui sono disegnate, non sono necessariamente dedicate ciascuna ad una singola costellazione, come negli atlanti di Bayer e di Hevelius, e di conseguenza, rispetto a questi, sono meno numerose, pur essendo molto più dettagliate. Le principali stelle sono accompagnate da una lettera che fa riferimento al catalogo stampato nel terzo volume della *Historia coelestis*, dove vengono date per ciascuna stella il nome, l'ascensione retta, la declinazione, la latitudine, la longitudine e la magnitudine.



Fig. 4 – Flamsteed ed il metodo delle distanze lunari: abbiamo un esempio da Flamsteed sulla occultazione di κ Aquarii del 19 giugno 1676 (data giuliana, aggiungere 10 giorni per avere la data gregoriana) in figura 93, usata per la determinazione della differenza di longitudine tra Greenwich ed Oxford. Flamsteed prende il tempo dell'emersione della stella dal bordo lunare oscuro e, dopo averlo corretto per la taratura del pendolo, lo confronta con quello preso ad Oxford da Halley. Lo stesso evento è stato osservato 11 h 20 min dopo il proprio mezzodì da Halley, e 11 h 27 min 11 s dopo il proprio mezzodì da Flamsteed, che quindi si trova più a est di Halley. Infatti rispetto allo stesso evento è passato più tempo *a meridie* per Flamsteed.

Valutando in 5 min 30 s (cioè circa 109 km) la differenza in longitudine con Halley, Flamsteed ha tenuto conto anche della parallasse lunare. Alla distanza media della Luna dalla Terra 109 km appaiono sotto un angolo di 1'. Poiché la Luna si muove verso est alla velocità media di $360^\circ/\text{mese}=12^\circ/\text{giorno}=0.5^\circ/\text{ora}=0.5'/\text{min}$ a Greenwich la stella riemerge da dietro la luna, già di per sé 2 minuti dopo Oxford, per la parallasse. Questi 2 min sommati ai 5 min 30 s ridanno gli oltre 7 minuti di differenza della prima lettura dati.

(Costantino Sigismondi)

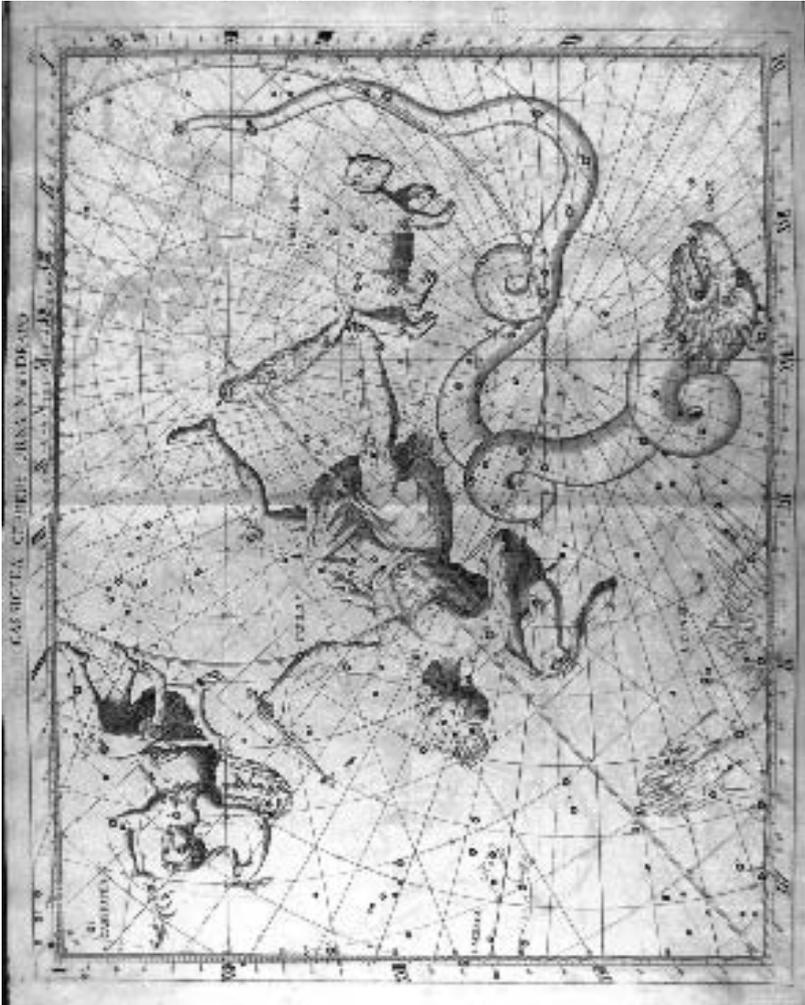


Fig. 5 – Polo celeste e polo eclittico.

Fig. 5 – Poli concorrenti: La carta stellare di Flamsteed del 1725 riporta le stelle all'equinozio del 1700. Il coluro equinoziale, rispetto al grande globo stellare di questo salone monumentale, segue Algenib (γ Pegasi) di quasi 3 minuti, metà dei quali coprirà in 20 anni di precessione degli equinozi, arrivando alla situazione rappresentata sul globo. La carta di Flamsteed mostra due sistemi di coordinate contemporaneamente: quello dal polo artico e quello dal polo eclitticale. La precessione facendo ruotare l'asse terrestre attorno all'asse dell'orbita della Terra, modifica solo la longitudine eclitticale, lasciando invariata la latitudine. Le coordinate equatoriali: ascensione retta, misurata a partire dal coluro equinoziale, e declinazione misurata dall'equatore (Flamsteed dà la distanza polare, che ne è il complementare a 90°) variano entrambe per la precessione. Tolomeo nell'Almagesto usò solo coordinate eclitticali, ma Flamsteed usa anche quelle equatoriali, poiché l'ascensione retta è ottenibile sfruttando la rotazione della sfera celeste mediante una misura di tempo.

Il libro è aperto sui due poli. I due coluri, equinoziale e solstiziale, tagliano le code delle due orse. L'etimologia di coluro $\chi\acute{o}\lambda\mu\rho\varsigma$ vuol dire proprio *coda mozza*. Le posizioni stellari del Flamsteed sono affette da un errore massimo di $\pm 20''$ d'arco, corrispondenti a ± 8 s di tempo misurati in cielo, dovuti all'aberrazione della luce: un fenomeno relativistico scoperto da James Bradley solo nel 1727. Oggi i cataloghi stellari per astrometria si spingono a precisioni del miliardesimo di secondo, e la stella di cui si conosce il moto proprio con maggior precisione è IM Pegasi (HR 8703)–con un'accuratezza di 9 centomillesimi di secondo d'arco. Questa stella viene usata come guida per il satellite Gravity Probe B deputato ad esperimenti di relatività generale e già in orbita intorno alla Terra. Da Flamsteed ad oggi c'è stato un salto di qualità in precisione di oltre 200.000 volte.

(Costantino Sigismondi)

9. Edmond Halley

Edmundi Halleii astronomi dum viveret regii Tabulae astronomicae.
Accedunt De usu tabularum praecepta.

Londini, apud Gulielmum Innys, 1749.

[165] c., [1] c. di tav. ill., ritr. 4°

N. I. 76

Astronomo e geofisico, Edmond Halley (1656 - 1742) succedette a John Flamsteed nella direzione dell'Osservatorio di Greenwich. Pubblicato postumo con un bel ritratto inciso dello scienziato, nel volume sono raccolti alcuni tra i suoi studi più importanti. Tra questi innanzitutto, edite per la prima volta, le *Tabularum astronomicarum pars prior [-altera]*, tavole dei moti del Sole, della Luna, dei cinque pianeti allora conosciuti, Mercurio, Marte, Venere, Giove, Saturno, e dei

satelliti di Giove. Delle *Tabulae* Halley aveva fatto eseguire nel 1719 una stampa cui non era seguita l'edizione vera e propria, poiché, dopo avere assunto nel 1720 la direzione dell'Osservatorio di Greenwich egli aveva deciso di perfezionarle (cfr. *Philosophical Transactions*, xxxvii, p. 193-194). Segue nella miscellanea la celebre *Synopsis astronomiae cometicae. Qua cometarum hactenus debite observatorum motus in orbe parabolico repraesentantur. Eorumque qui annis MDCLXXX & MDCLXXXII fulsere post certas periodos redeuntium, motus in orbibus ellipticis accurato calculo subjiciuntur*, già pubblicata nel 1705 nelle *Philosophical Transactions* (xxiv, p. 1882-1899) e, autonomamente, nella traduzione in inglese, a Oxford nello stesso anno. La raccolta è conclusa dalla *Tabula logarithmorum logistico-rum* e dalle *Lunae meridiana ascensiones rectae Grenovici observatae a die Jan. 13. anni Juliani MDCCXXII ad diem Dec. 4. anni MDCCXXV, et ejusdem longitudes ibidem observatae a die Dec. 5. anni Juliani MDCCXXV ad diem Dec. 27. anni MDCCXXXIX. Cum computo tabularum collatae.*



Fig. 6 – Edmond Halley.

10. Johann Tobias Mayer

Novae tabulae motuum Solis et Lunae. Auctore Tob. Mayer. *In Commentarii Societatis Regiae Scientiarum Gottingensis tomus II. Ad annum MDCCLII. Gottingae, apud viduam Abrami Vandenhoeckii, 1753, p. 383-430.*

F.III.20 CC

La fama del tedesco Johann Tobias Mayer (1723 –1762) è legata alla compilazione delle tavole del moto della luna, accolte come le più esatte mai pubblicate. Astronomo, matematico e cartografo, Mayer fu nominato nel 1751 direttore dell'Osservatorio di Göttingen e professore di quella Università. Scopri alcune irregolarità dell'orbita lunare e vari aspetti del fenomeno della librazione lunare. Delineò mappe lunari pubblicate postume. A lui si deve anche l'invenzione del circolo a riflessione, strumento che in seguito verrà perfezionato da Jean-Charles Borda (1733-1799) (cfr. scheda n. 24).

11. Johann Tobias Mayer

Tabularum lunarium in Comment. S. R. tom. II contentarum usus in investiganda longitudine maris. Auctore Tobia Mayer. Recit. in conventu publico d. X. Nov. *In Commentarii Societatis Regiae Scientiarum Gottingensis tomus III. Ad annum MDCCLIII. Gottingae, sumtibus Eliae Luzac, [1753], p. 375-396.*

F.III.21 CC

Il metodo della determinazione della longitudine attraverso le distanze lunari si consolidò come uno dei più accreditati grazie alla pubblicazione delle tavole di Mayer. Esse furono il punto di partenza per quelle calcolate da James Bradley (1693 – 1762), celebre scopritore del fenomeno dell'aberrazione della luce, succeduto ad Halley nella direzione dell'Osservatorio di Greenwich. Le osservazioni effettuate al Royal Observatory dall'astronomo inglese tra il 1743 e il 1745 sono pubblicate di seguito alle tavole di Mayer, alle p. 393-396, con il titolo *Loca Lunae ex observationibus cel. d. Bradleyi.*

Sollecitato dall'Ammiragliato inglese, dopo molte osservazioni astronomiche e confronti con le tavole di Mayer, nel 1760 Bradley concluse che le difficoltà incontrate per la determinazione della longitudine in mare con il metodo delle distanze lunari non erano insuperabili e che le tavole corrette avrebbero consentito di calcolarla con un errore inferiore a 1°. Le tavole di Mayer furono usate da Nevil Maskelyne (1732 –

1811), succeduto a Bradley nella direzione dell'Osservatorio di Greenwich. Convinto sostenitore del metodo della determinazione della longitudine attraverso le distanze lunari dalle stelle fisse, Maskelyne intuì che l'applicazione del metodo stesso sarebbe stato facilitato dall'ave- re a disposizione tavole nautiche e astronomiche con le opportune spie- gazioni. Si giunse così, curata dall'astronomo, che assunse la supervi- sione anche delle edizioni successive, alla prima edizione del *Nautical almanac and astronomical ephemeris for the meridian of the Royal ob- servatory at Greenwich*, stampata a Londra nel 1766. Circa un secolo dopo quelle dell'Osservatorio di Parigi, anche l'Osservatorio di Greenwich dava così origine alla sua serie di effemeridi che, nella ver- sione anglo-americana, è ancora corrente. Nel 1770 Maskelyn curava in- fine l'edizione definitiva delle tavole di Mayer pubblicata, "by order of the Commissioners of Longitude", a Londra, "typis Gulielmi et Johan- nis Richardson".

12. Cronometro nautico di John Harrison, 1757

Riproduzione fotografica del cronometro nautico H3 di John Harri- son (Greenwich, National Maritime Museum, inv. Ch. 37/A50334L).

In Storia della scienza. v. 1: Gli strumenti. Torino, Einaudi, 1991, p. 237.

D.156.1

Per una potenza marinara come l'Inghilterra la soluzione del pro- blema della longitudine in mare era una questione di vitale importan- za. Molti infatti erano gli incidenti in cui navi inglesi naufragavano perché perdevano la rotta. Nel 1707 l'ennesima sciagura era costata la vita a 2000 uomini e aveva provocato grandi proteste. Il parlamento inglese decise di intervenire e nel 1714 fu emanato il *Longitude Act* "for providing a publick reward for such person or persons as shall dis- cover the longitude... to a sum of ten thousand pounds, if it determi- nes the said longitude to one degree of a great circle, or sixty geo- graphical miles, to fifteen thousand pounds, if it determines the same to two thirds of the distance, and to twenty thousand pounds, if it de- termines the same to one half of the same distance". Il compito di giu- dicare sulla validità delle varie proposte fu affidato al Board of Longi- tude, commissione composta da astronomi, tra i quali quello reale, membri dell'Ammiragliato, professori di matematica delle università di Oxford e Cambridge e dieci membri del Parlamento. Tra i metodi per determinare la longitudine quello basato sull'uso di un orologio re-

golato sul tempo del meridiano di riferimento, onde calcolare la coordinata attraverso il confronto con il tempo locale ricavato dall'osservazione astronomica, era stato considerato anche da Newton come il più certo. Ma si trattava di un metodo puramente teorico: si riteneva impossibile costruire un orologio in grado di garantire un funzionamento perfetto, specie su una nave. L'invenzione del cronometro nautico portò alla soluzione. Nel 1735 l'orologiaio e meccanico inglese John Harrison (1693 - 1776) presentava al Board of Longitude un cronometro - ora chiamato H1 - che avrebbe consentito la determinazione della longitudine in mare con un errore inferiore al mezzo grado. Harrison passò i trenta anni successivi a perfezionare il suo strumento. Nel 1761 il modello H4, un cronometro piatto del diametro di circa 12 cm, fu testato in un viaggio transoceanico in Giamaica. Una copia di questo modello (ora chiamato K1), realizzato dall'orologiaio Larcum Kendall (1721-1795), fu usato da James Cook nel suo secondo viaggio, compiuto dal 1772 al 1775. Dopo tre anni di navigazione il ritardo segnato dal cronometro fu di soli sette minuti e quarantacinque secondi. Benché il cronometro di Harrison messo alla prova avesse soddisfatto le condizioni richieste dal *Longitude Act* per l'assegnazione del premio di 20.000 sterline, il Board of Longitude si rifiutò di pagare e fu necessario l'intervento del re, Giorgio III, perché alla fine il premio venisse elargito. Il successo conseguito dal cronometro di Harrison nella soluzione del problema della determinazione della longitudine era stato pregiudicato dalla contemporanea pubblicazione delle tavole di Johann Tobias Mayer, accolte con grande favore da Bradley e da Maskelyne, convinti sostenitori del metodo basato sulle distanze lunari. L'astronomo tedesco e Bradley avevano sperato di ottenere a loro volta un premio. James Bradley e Tobias Mayer morirono entrambi nel 1762, ma la vedova e gli eredi di Mayer ottennero dal Board of Longitude un premio di 3000 sterline. Anche in Francia quasi contemporaneamente Pierre Le Roy (1717-1785) sperimentò con ottimi risultati un cronometro di sua invenzione. Tuttavia, almeno fino alla metà del secolo XIX i due metodi per determinare la longitudine in mare, quello basato sulle distanze lunari e quello basato sull'uso del cronometro, rimasero concorrenti tra loro.

13. James Cook

Voyage dans l'hémisphère austral et autour du monde, fait sur les vaisseaux du roi l'Aventure et la Résolution, en 1772, 1773, 1774 et

1775; écrit par Jacques Cook, commandant de la Résolution... Traduit de l'anglois, ouvrage enrichi de plans, de cartes, de planches... dessinés pendant l'expédition, par m. Hodges. Tome premier [- sixième].

A Lausanne, chez Hignou et Compagnie, 1796

6 v. 8°

C.VI. 97-102 CC

Traduzione francese della relazione del secondo viaggio compiuto da James Cook (1728-1779), edita a Londra nel 1777. Nel primo volume grande planisfero nel quale sono evidenziate le rotte seguite da Cook nei suoi tre viaggi. Le altre tavole che illustrano l'edizione mancano nell'esemplare casanatense.

Il secondo viaggio consacrò Cook nel novero dei più grandi navigatori di tutti i tempi. L'esplorazione dimostrò l'inesistenza di un continente australe ritenuto immenso, sul quale si era a lungo favoleggiato, e delineò al tempo stesso la fisionomia generale del Pacifico. Alla spedizione partecipò una vera e propria équipe di scienziati tra i quali i Foster, padre e figlio, celebri naturalisti, e due astronomi William Wales e William Bayly.

Nel sesto volume alle p. 158-228 è pubblicata la versione francese del discorso preliminare di Wales alle *Original Astronomical Observations, made in the course of the voyage South Pole, and round the world, in his Majesty's ships the Resolution and Adventure, in the years MDCCLXXII, MDCCLXXIII, MDCCXXIV and MDCCXXV by William Wales... and Mr. William Bayly*, edite a Londra nel 1777, con la completa descrizione degli strumenti scientifici caricati a bordo delle due navi. In particolare tra gli orologi, figura il cronometro di Larcum Kendall, costruito secondo i principi di Harrison (cfr. scheda n. 12). Viene altresì fornita concreta testimonianza dell'importanza ricoperta dall'uso delle tavole del *Nautical almanac* per il calcolo della longitudine (cfr. scheda n. 11).

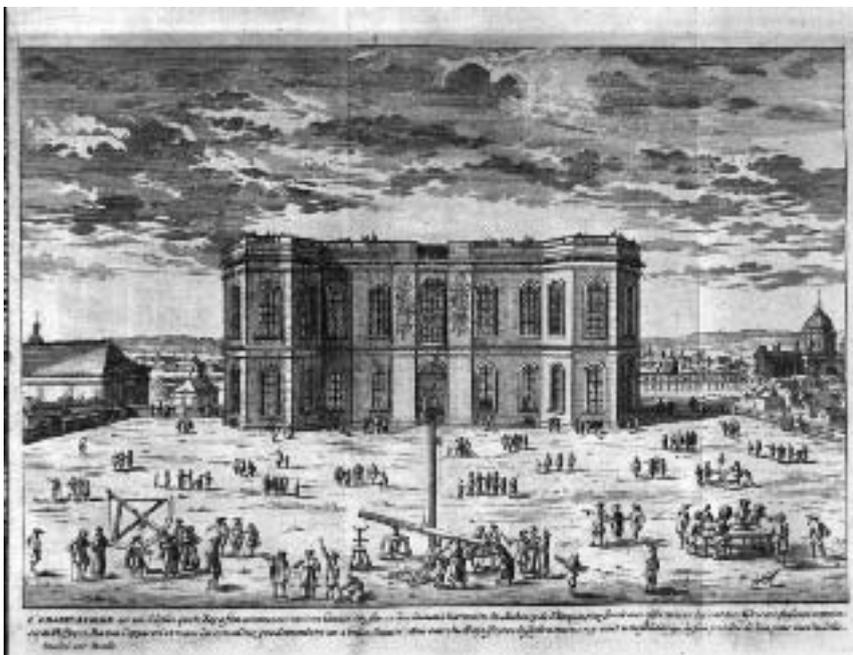


Fig. 7 – L'Osservatorio di Parigi.

Astronomia e geodesia in Francia dalla metà del Seicento agli inizi del secolo XIX

14. Scuola fiamminga (secc. XVII-XVIII)

L'Osservatorio di Parigi

Incisione su rame, 365 x 450 mm

In La galerie agréable du monde, où l'on voit en un grand nombre de cartes très-exactes et des belles-tailles douces, les principaux empires, roïaumes, républiques, provinces, villes,... dans les quatre parties de l'univers; divisée en LXVI. tomes.... Tome premier du Roïaume de France. A Leide, par Pierre van der Aa, marchand libraire, [prima del 1733], tav. [32].

N.IX.10

Tratta da *La galerie agréable du monde* (cfr. scheda n. 6), l'incisione, su disegno di Nicolas Perelle (1631-1692/95), mostra il severo edificio dell'Osservatorio di Parigi, fondato nel marzo 1667. Pochi mesi prima, il 22 dicembre del 1666, l'Académie Royale des Sciences aveva tenuto la sua pri-

ma seduta. Entrambe le istituzioni erano state create da Luigi XIV e da Jean Baptiste Colbert (1619-1683), suo ministro, che avevano voluto accogliere le richieste avanzate dalla comunità scientifica francese nel quadro di un unico progetto culturale. L'Osservatorio non divenne però, come era nei piani di Colbert, un centro di ricerca nazionale, ma fu consacrato fin dalla sua origine alla sola attività astronomica. Il luogo scelto per erigerlo, troppo fuori Parigi per farne la sede delle riunioni degli accademici, era davvero felice, circondato com'era a nord dai giardini dall'abbazia di Port-Royal, a est da quelli del noviziato dei Cappuccini e ad ovest da quelli degli Oratoriani, mentre a sud si apriva la campagna. L'orizzonte era dunque aperto da tutti i lati e assai propizio alle osservazioni. Progettato da Claude Perrault, fratello dello scrittore Charles, il nucleo storico dell'Osservatorio parigino è costituito da un edificio composto da un corpo centrale rettangolare a cui sono affiancate, ai lati della facciata meridionale, due torri ottagonali.

Nel 1668, mentre i lavori erano ancora in corso, Colbert chiamò in Francia l'astronomo dello Studio bolognese, Gian Domenico Cassini (1625–1712), all'epoca corrispondente dell'Académie Royale des Sciences. L'italiano giunse a Parigi nel 1669: il suo soggiorno avrebbe dovuto essere solo temporaneo; viceversa, nonostante gli appelli del papa, nel 1671 Cassini si insediava nell'Osservatorio, negli appartamenti a lui destinati e, nel 1673, otteneva la naturalizzazione francese. Da quel momento e fino al 1793 quattro generazioni di Cassini si alternarono alla guida dell'Osservatorio di Parigi.

15. Connaissance des temps

Connaissance des temps, ou calendrier et ephemerides du lever & coucher du Soleil, de la Lune, & des autres planetes. Avec les eclipses de l'année MDCLXXXV. Calculées sur l'élévation & le méridien de Paris,...

A Paris, chez Estienne Michallet, ruë S. Jacques... [1685].

[12], 84 p., [2] c. di tav. ill., antip. inc. 12°

P.VIII.1.CCC

La pubblicazione delle effemeridi calcolate dall'Osservatorio di Parigi iniziò nel 1679 a opera dell'abate Jean Picard (1620 - 1682), astronomo, membro dell'Académie Royale des Sciences. Dal 1702 l'Académie ne assunse la direzione. Poi, soppressa l'Accademia durante la Rivoluzione nel 1793, dal 1795 la *Connaissance des temps* fu posta sotto la responsabilità del Bureau des longitudes, l'organismo che continua a curarne l'edizione anche oggi.

Di questo celebre annuario astronomico e di navigazione la Biblioteca Casanatense possiede, oltre al volume descritto, relativo al 1685, gli anni 1705-1711, 1713-1720, 1723-1724, 1738-1739 e 1741.

I contenuti dei singoli volumi furono fin dall'inizio annunciati da indici dettagliati: vi si trovano il calendario per l'anno in corso, le tavole delle maree, i metodi per regolare i pendoli, le latitudini e longitudini. Subito accolto con grande successo di pubblico, nel corso degli anni l'annuario si arricchì con vari supplementi. A partire dal 1760 Joseph-Jérôme Le Français de Lalande (1732 - 1807), ampliò la parte destinata alla navigazione, in particolare quella destinata alla ricerca delle longitudini attraverso la Luna. Scelse le tavole di Mayer per la Luna (cfr. schede n. 10-11) e quelle di Nicolas Louis de Lacaille (1713-1762) per i calcoli del Sole. Le tavole dei cinque pianeti principali furono tratte da quelle di Halley. A partire dal 1788 Pierre-François-André Méchain (1744-1803) cominciò a dare le distanze lunari derivandole dal *Nautical almanac*, con l'aiuto di Meskelyne.

16. Gian Domenico Cassini

Oeuvres diverses de m. I. D. Cassini de l'Académie Royale des Sciences.

In Mémoires de l'Académie Royale des Sciences. Depuis 1666. jusqu'à 1699. Tome VIII. A Paris, par la Compagnie des libraires, 1730.

Per. Est. 237.11

Il tomo VIII dei *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences* è interamente dedicato a Gian Domenico Cassini (1625–1712), il grande astronomo italiano che Colbert aveva chiamato alla guida dell'Osservatorio di Parigi (cfr. scheda n. 14). Impossibile riassumere in questa sede il contributo di Cassini al progresso delle conoscenze astronomiche. A lui si devono tra l'altro la scoperta dei quattro satelliti di Saturno e la divisione dell'anello che porta il suo nome. Fondamentali furono i suoi studi sulle comete, sulle macchie solari e sulle eclissi dei satelliti di Giove. Proprio dei satelliti scoperti da Galileo (cfr. schede n. 2-3) Cassini aveva pubblicato nel 1668 a Bologna le tavole dei moti e delle eclissi (*Ephemerides Bononienses Mediceorum syderum*) che, perfezionate nel 1693, consentirono agli astronomi di seguire il fenomeno di cui Galileo non aveva potuto determinare i periodi. Ciò rese possibile la misurazione della longitudine attraverso il metodo che Galileo stesso aveva proposto. Insiadatosi nell'Osservatorio parigino, Cassini ebbe a disposizione i mezzi necessari per dotarlo dei migliori strumenti possibili, tra cui grandi telescopi di Eustachio Divini (1610-1685) e di Giuseppe Campani (1635-1715). Risolto così di fatto il pro-

blema del calcolo della longitudine sulla terraferma, la sua applicazione permise per la prima volta una conoscenza più precisa della geografia terrestre.

La raccolta di testi pubblicata nel tomo VIII dei *Mémoires* si apre con il trattato *De l'origine et du progrès de l'astronomie, et de son usage dans la géographie et la navigation*, che introduceva anche il *Recueil d'observations faites en plusieurs voyages par ordre de Sa Majesté*, edito a Parigi dall'Imprimerie Royale nel 1693. Da questa edizione vengono tratti anche altri scritti, tra i quali importantissimo, quello conclusivo, *Les hypothèse et les tables des satellites de Jupiter reformées sur de nouvelles observations*. Il primo saggio della raccolta può essere considerato il 'manifesto programmatico' di quella che sarà l'attività dell'Académie stessa nell'arco dell'intero XVIII secolo, per quanto concerne astronomia e geografia. "La fin que l'Académie s'est proposée s'en appliquant aux observations astronomiques – scrive Cassini - a toujours été de les rapporter à l'avancement de la Géographie & de la Navigation; & dans ce dessein rien n'étoit plus utile que de déterminer quelle partie de la circonférence de la terre répond précisément à un degré du Ciel". Tutte le misurazioni dell'arco di meridiano, a partire da quella di Jean Picard tra Parigi e Amiens (cfr. scheda n. 17), si inquadrano in questo unico programma. E così pure tutti i viaggi, a cominciare da quelli di Picard a Uraniborg e di Jean Richer nell'isola di Cayenne, verranno compiuti per stabilire le differenze di longitudine dei luoghi, differenza calcolata attraverso le osservazioni delle eclissi dei satelliti di Giove. "Le Roy – continua Cassini – ayant été informé de l'utilité qu'on avoit tirée de l'observation des Eclipses des Satellites de Jupiter pour établir les longitudes, ordonna que l'on fit par cette méthode de nouvelles Cartes de la France".

17. Jean Picard

Mesure de la Terre, par monsieur l'abbé Picard, de l'Académie Royale des Sciences. In *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences*. Depuis 1666. jusqu'à 1699. Tome VII, partie I. A Paris, par la Compagnie des Libraires, 1729, p. 131-190.

Per. Est. 237.9

Tra il 1668 e il 1670 l'abate Jean Picard (1620 - 1682) misurò il tratto di meridiano passante per l'Osservatorio di Parigi, da Parigi ad

Amiens, usando il metodo della triangolazione, il sistema che, proposto nel 1533 da Reinerus Gemma Frisius (1508-1555), era stato sviluppato dall'olandese Willebrord Snell (1580/1591-1626) (cfr. scheda n. 26). La lunghezza di un grado di meridiano a latitudine 49.5° nord calcolata da Picard fu di 57060 tese (111.210 km). La lunghezza standard era stata definita confrontando la tesa francese pari a 6 piedi parigini (1,949 m) con la lunghezza di un pendolo semplice battente i secondi di 440.5 linee (144 linea a piede). Nel 1671 Picard comunicava i risultati della sua rilevazione nella *Mesure de la Terre*. L'edizione originale, impressa a Parigi dall'Imprimerie Royale, sotto gli auspici dell'Académie Royale des Sciences, ebbe una tiratura di pochissimi esemplari. Ristampata nel settimo volume dei *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences. Depuis 1666. jusqu'à 1699*, l'opera è corredata da tavole incise su rame con la descrizione degli strumenti scientifici usati dall'astronomo; su altre tavole sono delineati i grafici delle triangolazioni effettuate per misurare l'arco di meridiano.

18. Académie Royale des Sciences

Carte de France corrigée par ordre du Roy sur les observations de M.rs de l'Académie des Sciences.

1 carta geografica, 290 x 390 mm *In Mémoires de l'Académie Royale des Sciences*. Depuis 1666. jusqu'à 1699. Tome VII, partie I. A Paris, par la Compagnie des Libraires, 1729, tav. VII.

Per. Est. 237.9

La carta geografica mostra, rimarcandole con un tratto più scuro e ombreggiato, le correzioni effettuate, dopo le osservazioni astronomiche compiute tra il 1671 e il 1681 da Jean Picard, Gabriel Philippe de La Hire (1640-1718) e Gian Domenico Cassini (1625-1712) alla carta del *Royaume de France* del geografo Guillaume Sanson (1633-1703), pubblicata nel 1672. Alle p. 429-430 del tomo dei *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences* in cui è edita la carta, è stampata una nota che guida nella lettura della carta stessa. La carta del Sanson, oggetto delle correzioni, è individuata dalla traccia più tenue. I nomi delle città la cui posizione è pure derivata dalla carta del Sanson sono in carattere corsivo, mentre i nomi delle città la cui posizione è corretta sono in carattere romano. "Les degrez de latitude ou hauteurs de Pole sont marquez des deux côtes de la bordure, en sorte qu'il est aisé de voir le corrections qu'il faut faire aux hauteurs de Pole des lieux qui sont marquez. Pour ce qui est des degrez de longitude, qui servent aussi à connoître la difference des Méridiens des lieux proposez, on les a marquez dans la même bordure en haut & en bas". Il primo meridiano è fissato nel meridiano che passa per l'Osservatorio di Parigi, anziché nel meridiano dell'Isola di Ferro, come in uso nella cartografia dell'epoca.

La *Carte de France corrigée par ordre du Roy* era stata pubblicata per la prima volta nel 1693, preceduta, nel 1678, dalla stampa dei 9 fogli che compongono la *Carte particulière des environs de Paris par Mess.rs de l'Académie royale des sciences en l'année 1674*, prima carta geodetica della storia.

Le nuove misurazioni, definite osservando, per calcolare la differenza di longitudine dei luoghi, i satelliti di Giove (cfr. scheda n. 16), comportarono la riduzione di circa un quinto della superficie totale fino a quel momento attribuita al regno di Francia.

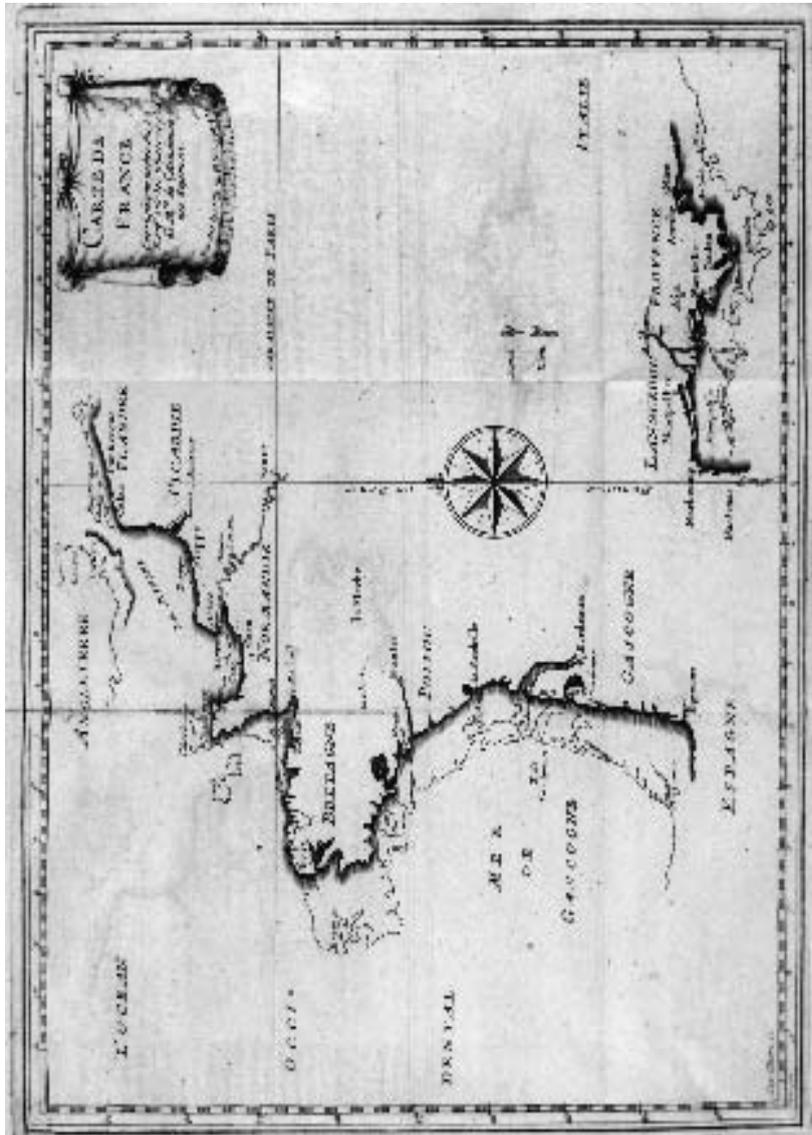


Fig. 9 – Le correzioni di Picart alla carta della Francia.

Fig. 9 – Picard e la carta della Francia: si notino gli errori in latitudine di Lione e Marsiglia 0.5° , sorprendentemente grandi, e quelli in longitudine fino ad 1.5° a Brest, che sono più plausibili. Si noti che Tolomeo nel primo libro della Geografia ha ampiamente descritto le sorgenti di errori sulla determinazione della longitudine, che avevano portato a considerare l'ecumene – dalle Isole Fortunate a Sera Metropolis – coprente quasi 180° di longitudine, con una sovrastima di ben 40° . Le longitudini venivano valutate in giorni di viaggio senza computare correttamente la velocità e le soste... (Costantino Sigismondi)

19. Jacques Cassini

Traité de la grandeur et de la figure de la Terre. Par m. Cassini, de l'Académie Royale des Sciences. A Amsterdam, chez Pierre de Coup, marchand libraire dans le Kalverstraat, 1723.[8], 376 p., [20] c. di tav. ripieg. ill., c. geogr. 12°

m.VI.13

Cartografo e topografo insigne, oltre che astronomo, Gian Domenico Cassini (1625 - 1712) si assunse il compito di portare a termine il progetto, già definito da Jean Picard nel 1681, di estendere le misurazioni dell'arco di meridiano passante per l'Osservatorio di Parigi attraverso tutto il territorio della Francia. Questa misurazione rientrava nel vasto programma geodetico e topografico di Colbert: da essa avrebbe tratto giovamento il progresso della cartografia francese e trovato soluzione il problema della sfericità della Terra. Il problema era sorto dopo che Jean Richer (1630-1696) aveva constatato nel 1672 nell'isola di Cayenne, dove era in missione, che la lunghezza del pendolo battente i secondi era minore che a Parigi e le teorie di Newton avrebbero di lì a poco aperto una vera e propria *querelle* sulla figura della Terra (cfr. scheda n. 5). I lavori, interrotti nel 1683 alla morte di Colbert, ripresero nel 1700. Nel 1701, con l'aiuto del figlio Jacques (1677-1756), Cassini calcolò un grado medio tra Parigi e Bourges più lungo di quello determinato da Picard. Morto Gian Domenico nel 1712, Cassini figlio, detto Cassini II, succeduto al padre nella guida dell'Osservatorio, portando nel 1718 a termine le misurazioni dell'arco di meridiano fatte da Parigi fino ai Pirenei e da Parigi fino all'estremità settentrionale della Francia, trovò che il grado medio di latitudine era di 57097 tese (111.282 km) a sud di Parigi e di 56960 tese (111.015 km) a nord. Se l'arco di meridiano diventava più corto andando a nord, Jacques Cassini vedeva confermata l'ipotesi che la figura della Terra non era quella di un ellissoide appiattito ai Poli, come sostenuto da Newton e da Christiaan Huygens (1629-1695), bensì era quella di un ellissoide allungato. Nel 1720, per i tipi dell'Imprimerie Royale, pubblicava il *Traité de la grandeur et de la figure de la Terre*. L'opera è divisa in

20. Pierre Louis Moreau de Maupertuis

La figure de la Terre, déterminée par les observations des messieurs de Maupertuis, Clairaut, Camus, Le Monnier, de l'Académie Royale des Sciences, & de m. l'abbé Outhier, correspondant de la même Académie, accompagnés de m. Celsius, professeur d'Astronomie à Upsal: faites par ordre du Roi au Cercle Polaire. Par m. de Maupertuis. A Amsterdam, chez Jean Catuffe, 1738.xxiv, [4], 216 p., [1], 7 c. di tav ripieg. ill., c. geogr. 12 °

m.XX.4

Le polemiche scoppiate in Francia tra newtoniani e cartesiani sulla figura della Terra convinsero l'Académie Royale des Sciences della necessità di promuovere due spedizioni, una al Circolo Polare Artico, l'altra all'Equatore, allo scopo di misurare l'arco di meridiano. La spedizione polare fu guidata da Pierre Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759). Matematico, astronomo, biologo, Maupertuis era un convinto sostenitore di Newton. Nel 1737 rientrava a Parigi dalla spedizione in Lapponia: le misurazioni effettuate dimostravano in maniera inequivocabile l'appiattimento polare del globo. L'anno dopo, nel 1738, a Parigi per i tipi dell'Imprimerie Royale usciva *La figure de la Terre*. L'opera - qui descritta nell'edizione stampata nello stesso anno ad Amsterdam - è la dettagliata relazione della missione compiuta. Oltre a Maupertuis avevano partecipato all'impresa gli astronomi Alexis-Claude Clairaut (1713-1765), Charles-Étienne-Louis Camus (1699-1768) e Pierre-Charles Le Monnier (1715-1799), tutti membri dell'Académie. Al loro arrivo in Svezia gli scienziati francesi furono affiancati dall'astronomo e fisico Anders Celsius (1701-1744) - il celebre inventore del termometro centigrado - professore all'università di Uppsala.

Tra le tavole che corredano l'edizione, la prima, non numerata, è la *Carte de l'Arc du Méridien mesuré au Cercle Polaire*. Sulla carta sono evidenziate le triangolazioni effettuate per misurare l'arco di meridiano da Torneå a Kittis.

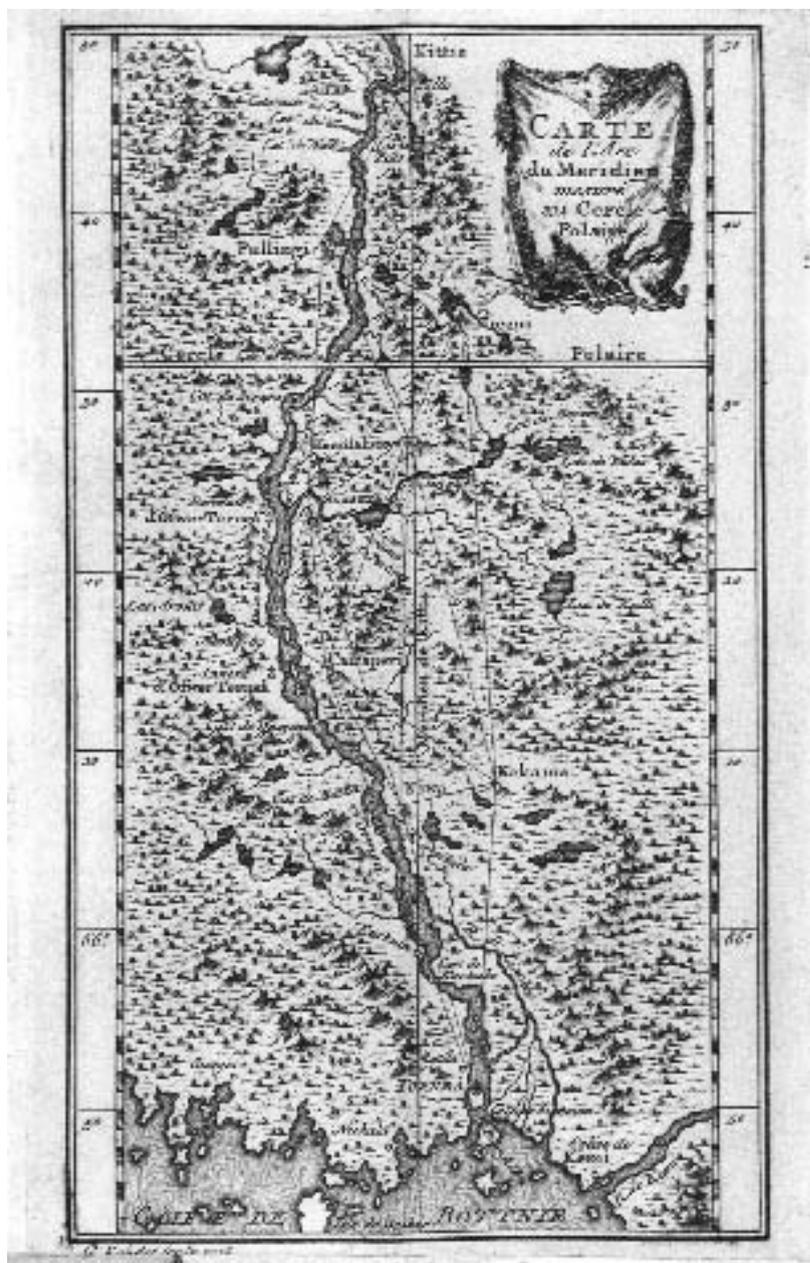


Fig. 11 – L'arco di meridiano al circolo polare.

21. Pierre Bouguer

La figure de la Terre, déterminée par les observations de messieurs Bouguer, & de La Condamine, de l'Académie Royale des Sciences, envoyés par ordre du Roy au Pérou, pour observer aux environs de l'Équateur. Avec une relation abrégée de ce voyage, qui contient la description du pays dans lequel les opérations ont été faites. Par m. Bouguer. A Paris, chez Charles-Antoine Jombert, libraire du Roy..., 1749.[24], CX, [2], 394, [2] p., [2], 7 c. di tav. ripieg. ill., c. geogr. 4°

L.X.61

Relazione dell'astronomo e idrografo Pierre Bouguer (1698-1758) sulla spedizione incaricata di determinare la figura della Terra, misurando l'arco di meridiano all'Equatore. La spedizione, guidata da Louis Godin (1704-1760), da Charles-Marie de La Condamine (1701-1774) e dallo stesso Bouguer era partita da La Rochelle il 16 maggio 1735 per giungere il 29 maggio del 1736 a Quito in Perù, la località, all'epoca compresa nel territorio peruviano, scelta per l'inizio delle operazioni. L'impresa si rivelò subito difficilissima per le enormi difficoltà poste dal terreno montuoso: spesso le basi di rilevamento delle triangolazioni furono misurate tra scarpate, mentre gli strumenti usati per le rilevazioni furono smontati e rimontati in continuazione, cosa che rischiò di comprometterne il funzionamento, rendendo incerti i dati ottenuti. Bouguer inoltre si mostrò preoccupato dei possibili effetti determinati dall'attrazione gravitazionale delle montagne. A tutto ciò si aggiunse il fatto che i tre scienziati furono ben presto in disaccordo sui procedimenti rispettivamente usati e i loro rapporti personali si deteriorarono fino alla rottura. Rientrato per primo in patria nel giugno del 1744, Bouguer rese conto delle sue operazioni all'Académie Royale e cinque anni più tardi pubblicò l'opera descritta. Anche La Condamine rese pubblici i suoi rilevamenti e tra i due iniziò una penosa polemica, mentre Godin rientrato per ultimo, non scrisse nessuna relazione ufficiale. In ogni caso pur essendo le misure di grado prese all'equatore da ciascuno dei tre scienziati diverse tra loro, esse presentano limiti di oscillazione entro un intervallo massimo di 60 tese, cioè di circa 117 m. L'edizione è illustrata con grafici delle triangolazioni effettuate e raffigurazioni degli strumenti usati. La tavola VII è la *Carte des triangles de la méridienne de Quito*.

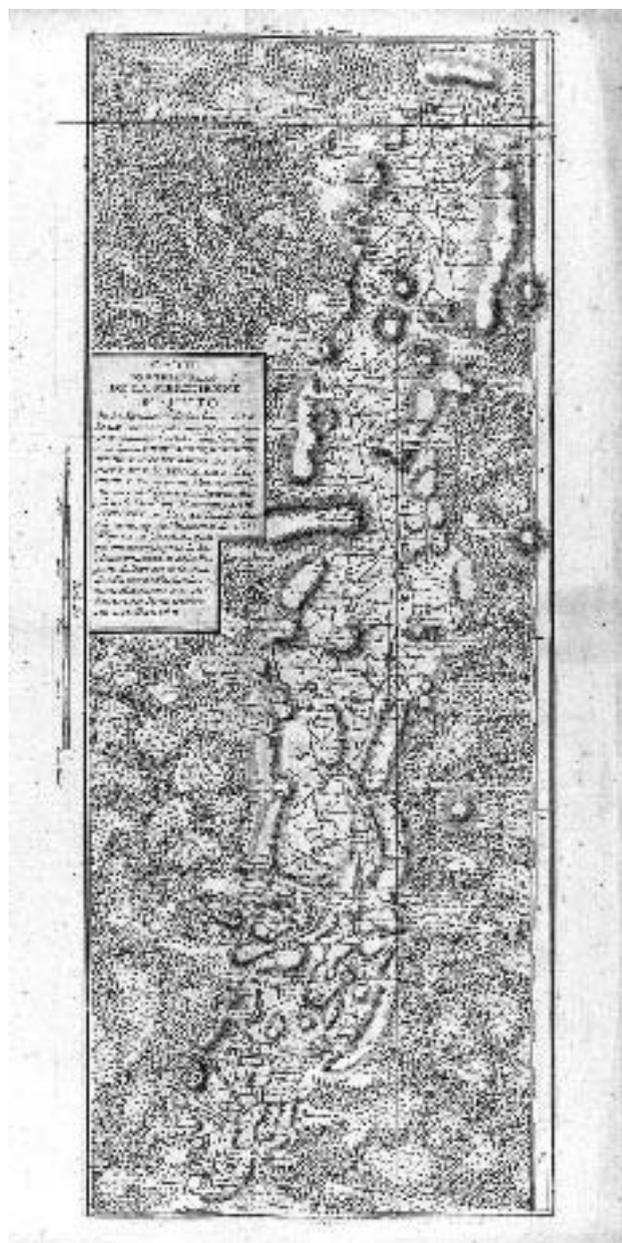


Fig. 13 – L'arco di meridiano all'equatore.

22. Nouvelle Mappede Monde

Nouvelle Mappede Monde dédiée au progrès de nos connoissances. A Paris, chés R. J. Julien à l'Hotel de Soubise; et a Nuremberg, au Bureau des héritiers d'Homann, 1753.

1 planisfero terrestre, 675x470 mm

20.B.I.3/2

Incisa da Guillaume-Nicolas Delahaye (1727-1802), in una cornice e con ornamenti di Pierre Philippe Choffard (1730-1809), la carta geografica documenta i progressi compiuti dalla geografia e dalla teoria sulla figura della Terra alla metà del secolo XVIII, ma è anche un 'monumento' al meridiano di Parigi. La fisionomia dell'Oceano Pacifico era, prima dei viaggi di James Cook (1728-1779), ancora ignota e dell'Australia è appena accennata la costa occidentale. Il meridiano 0° è quello di Parigi e la prospettiva è quella data da un asse terrestre inclinato di 45°: il globo terrestre appare diviso in due emisferi, uno interamente occupato dalle terre emerse, *Hemisphere Terrestre*, l'altro quasi interamente coincidente con gli oceani, *Hemisphere Maritime*. Nella lunga didascalia posta in basso, a commento del planisfero, si legge che ciò non può essere frutto del mero caso, ma piuttosto di qualche legge fisica non ancora scoperta, un nuovo problema nella teoria della Terra. Ma soprattutto si sottolinea come il meridiano di Parigi sia il solo che produca questo effetto e ciò "doit à l'avenir le faire regarder comme le Premier Méridien", titolo che gli compete perché scritto "pour ainsi dire dans la Nature".

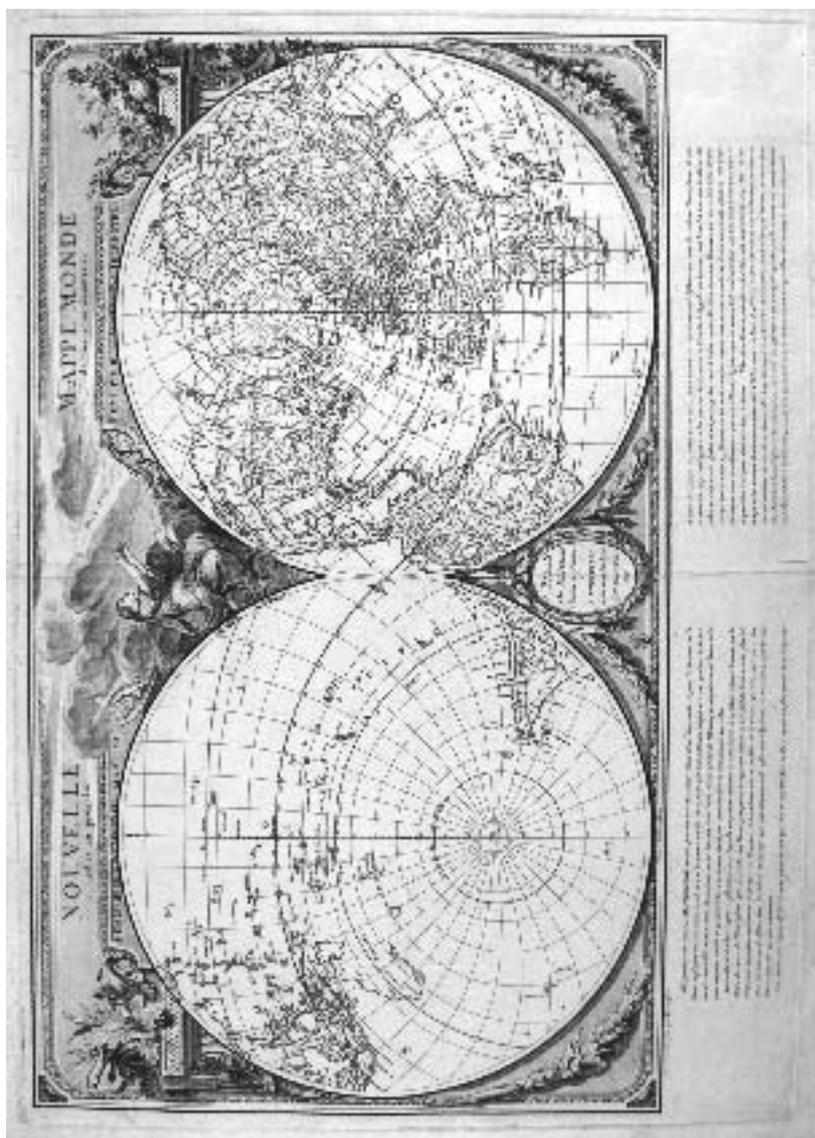


Fig. 13 – Mappamondo con meridiano fondamentale passante per Parigi.

23. César-François Cassini de Thury

Relation des deux voyages faits en Allemagne par ordre du Roi: par rapport à la figure de la Terre, pour déterminer la grandeur des degrés de longitude: par rapport à la géographie, pour poser les fondements d'une Carte générale & particulière de l'Allemagne: par rapport à l'astronomie, pour connoître la position des principales villes où les astronomes allemands ont fait leurs observations, & établir une correspondance entre les observatoires d'Allemagne & celui de Paris. Par m. de Cassini de Thury... A Paris, chez Nyon, quai des Augustins, à l'occasion, 1765.[IV], XXXII, 200, [2], p. ill. 4°

O.XI. 90

Figlio secondogenito di Jacques Cassini, César-François Cassini (1714-1784), detto Cassini III o Cassini de Thury dal nome della città natale, fu il primo dei Cassini a potersi fregiare del titolo di Direttore dell'Osservatorio parigino, carica istituita nel 1771 da Luigi XV. Membro dell'Académie Royale des Sciences, nel 1739 fu incaricato con de Lacaille di procedere alla verifica del meridiano dell'Osservatorio di Parigi, dopo i risultati della spedizione di Maupertuis in Lapponia. Benché quasi tutti i calcoli fossero stati effettuati da Lacaille, che fu anche l'autore della relazione finale, *La méridienne de l'Observatoire Royal de Paris vérifiée dans toute l'étendue du royaume* fu edita nel 1744 con il solo nome di Cassini (cfr. scheda n. 24). Nel giugno 1757, al termine delle rilevazioni compiute da Cassini stesso insieme con Bouguer, Camus e Pingré, venivano pubblicate le *Operations faites pour la vérification du degré du méridien compris entre Paris et Amiens*. La linea meridiana così ridefinita costituì la base per il rilevamento geodetico nazionale della Francia. Più che astronomo Cassini de Thury fu infatti grande cartografo e geodeta. Fu lui a completare il piano di rilevamento geodetico iniziato nella seconda metà del sec. XVII da Picard e da Gian Domenico Cassini (cfr. schede n. 16-19). Questo immenso lavoro sfociò nella carta di Francia in 182 fogli, presentata all'Assemblea Costituente nel 1790 dal figlio di Cassini III, Jean-Dominique, detto Cassini IV.

L'opera in catalogo è la relazione dei viaggi fatti da Cassini de Thury allo scopo di unire i triangoli della carta di Francia con i diversi punti presi in Germania. Giunto il 18 maggio del 1761 a Vienna l'astronomo francese si recò subito all'osservatorio del gesuita padre Maximilian Hell (1720-1792) Il 6 giugno osservò il passaggio di Venere sul disco del Sole dall'osservatorio di un altro gesuita, vicinissimo a quello di Hell. Le osservazioni e le rilevazioni compiute avevano lo scopo di determinare la differenza di longitudine tra il meridiano di Parigi e quello dell'Osservatorio di Vienna e di predisporre il piano di rilevamento dei segnali per le triangolazioni da effettuarsi da Parigi e Vienna, da prolungarsi fino alla foce del Danubio,

“en sorte que l’Océan du coté de l’occident, & la Mer-noire du coté de l’orient, devoient être les termes de cette ligne, dont la longueur seroit de près 600 lieues, où de 33° en longitude”.

24. Jean-Baptiste-Joseph Delambre

Base du système métrique décimal, ou mesure de l’arc du méridien compris entre les parallèles de Dunkerque et Barcelone, exécutée en 1792 et années suivantes, par mm. Méchain et Delambre. Rédigée par m. Delambre... Tome premier [-troisième]. Paris, Baudouin, imprimeur de l’Institut National, 1806-1810.3 v. 4°.

R.IV.25-27 CCC

L’ultima misurazione settecentesca dell’arco di meridiano di Parigi, da Dunkerque a Barcellona - l’opera descritta ne è la completa e dettagliata relazione - fu compiuta nel pieno della Rivoluzione francese da Pierre-François-André Méchain (1744-1804) e Jean-Baptiste-Joseph Delambre (1749-1822). Essa servì come base per determinare un nuovo sistema di misurazione, quello metrico decimale.

La creazione di un sistema di misurazione standardizzato e condiviso da tutti era da tempo negli auspici della comunità scientifica. La Rivoluzione, con i suoi principi di ‘égalité’, lo concretizzò. Nel 1791 l’Académie Royale des Sciences nominò una Commission des poids et des mesures, composta da Jean-Charles Borda (1733-1799), Marie-Jean-Antoine-Nicolas de Caritat de Condorcet (1743-1794), Joseph Louis Lagrange (1736 – 1813), Pierre-Simon de Laplace (1749 - 1827) e Gaspard Monge (1746-1818). La Commission scelse come unità di misura per le lunghezze la decimillesima parte di un quadrante di meridiano, il ‘metro’ appunto. L’incarico di misurare l’arco di meridiano fu affidato ai due astronomi che partirono nel 1792, l’uno Delambre verso nord, l’altro Méchain verso sud. L’impresa si concluse, dopo mille vicissitudini, solo nel 1799. È noto tuttavia l’errore compiuto da Méchain nelle sue rilevazioni, un errore di 3” sulla latitudine di Barcellona. Più tardi il 26 aprile del 1803 Méchain riuscì a ripartire per una nuova missione finalizzata al prolungamento dell’arco di meridiano da Barcellona fino alle Baleari, ma morì di febbre gialla nel 1804 e il suo lavoro fu portato a termine più tardi da Jean-Baptiste Biot (cfr. scheda n. 24). Nel 1799 la Commission des poids et des mesures in base ai calcoli elaborati sui risultati dell’impresa, fece costruire il regolo in platino, della lunghezza prestabilita, denominato successivamente metro legale. Fu tuttavia solo verso la metà dell’Ottocento che il sistema metrico decimale venne adottato prima in Francia e poi nelle altre nazioni. Per effettuare le triangolazioni da Dunkerque a Barcellona – il grafico di queste triangolazioni figura nelle tavole poste a corredo dei volumi dell’edizione – i due astronomi si erano avvalsi della più sofi-

sticata strumentazione scientifica allora disponibile, a cominciare dal circolo a riflessione di Borda, messo a punto da altro noto meccanico francese, Étienne Lenoir (1744-1832). Lo strumento - raffigurato nelle tavole VII-VIII del secondo volume - era stato perfezionato dal matematico e astronomo Jean-Charles Borda, sulla base del circolo a riflessione inventato da Johann Tobias Mayer (cfr. scheda n. 10). Sperimentato per la prima volta nel 1787 nell'ambito di una collaborazione tra Francia e Inghilterra al fine di determinare la differenza di longitudine tra l'Osservatorio di Parigi e quello di Greenwich, il circolo di Borda consentiva di fare osservazioni topografiche correggendo notevolmente le conseguenze dell'errore nella rilevazione degli angoli. Il suo uso si sostituì a quello dei grandi settori e dei quarti di cerchio impiegati fino a quel momento. Per la misurazione della base furono costruiti quattro regoli di platino - tavole I e II del secondo volume - distinti ciascuno dal proprio numero, lunghi due tese, larghi 6 linee e spessi 1 linea circa. Borda inoltre aveva messo a punto un pendolo battente i secondi - tavole VII-VIII del terzo volume - che era stato testato da lui stesso e da Jean-Dominique Cassini (1748-1845) presso l'Osservatorio di Parigi, mentre Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794) aveva condotto gli esperimenti necessari allo studio della dilatazione del rame e del platino. Le memorie di Borda relative a questi esperimenti sono pubblicate con il titolo *Expériences sur les règles qui ont servi à la mesure des bases, mesure du pendule à Paris et autres pièces relatives* nel volume terzo dell'opera. L'ultima parte di questo terzo volume è infatti dedicato alle memorie e ai rapporti finali dei membri della Commission all'Institut National des Sciences et Arts, alla determinazione ufficiale del metro e del chilogrammo, nonché all'edizione di vari documenti storici. Tra questi figurano i manoscritti di Nicolas Louis de Lacaille (1713-1762), trovati nella biblioteca dell'osservatorio parigino, con le osservazioni e i calcoli effettuati da Lacaille stesso tra il 1739 e il 1740 per la verifica del meridiano, calcoli che poi erano invece stati stampati nel 1744 ne *La méridienne de l'Observatoire Royal de Paris vérifiée dans toute l'étendue du royaume* sotto il solo nome di César-François Cassini de Thury. Nella prima parte dello stesso volume sono pubblicati invece i calcoli degli archi terrestre e celeste di Delambre, il quale confronta i suoi risultati nella determinazione del metro con quelli ufficiali della Commission des poids et des mesures. I valori del grado medio aumentavano andando verso nord, ma che ciò avveniva, osserva l'astronomo, in modo irregolare e incompatibile con la curvatura ellittica. La Commission, supponendo che il meridiano fosse ellittico, confrontando il valore del grado medio trovato in Francia da Méchain e Delambre con quello calcolato all'equatore da Bouguer, calcolò la lunghezza del 'metro' come pari a 443.295936 linee della 'tesa del Perù', l'unità di misura usata da Bouguer, scelta come parametro di riferimento.

CHAÎNE DES TRIANGLES
de Dunkerque à Barcelone
mesurée par MM. Delambre et Méchain.

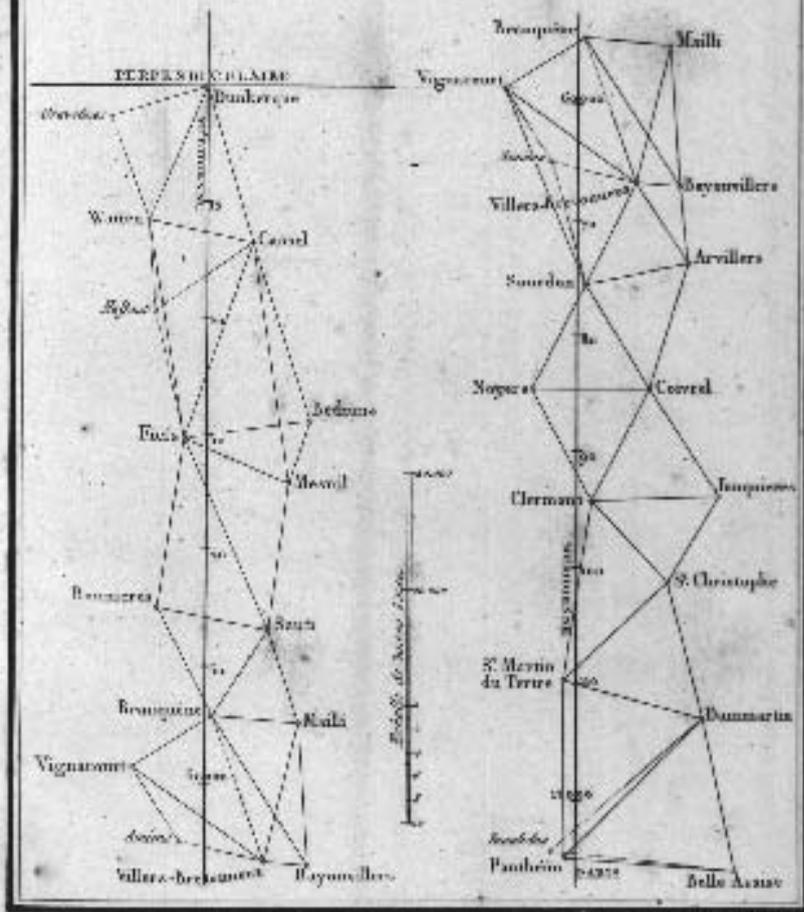


Fig. 15 – Triangolazioni da Dunkerque a Barcellona.

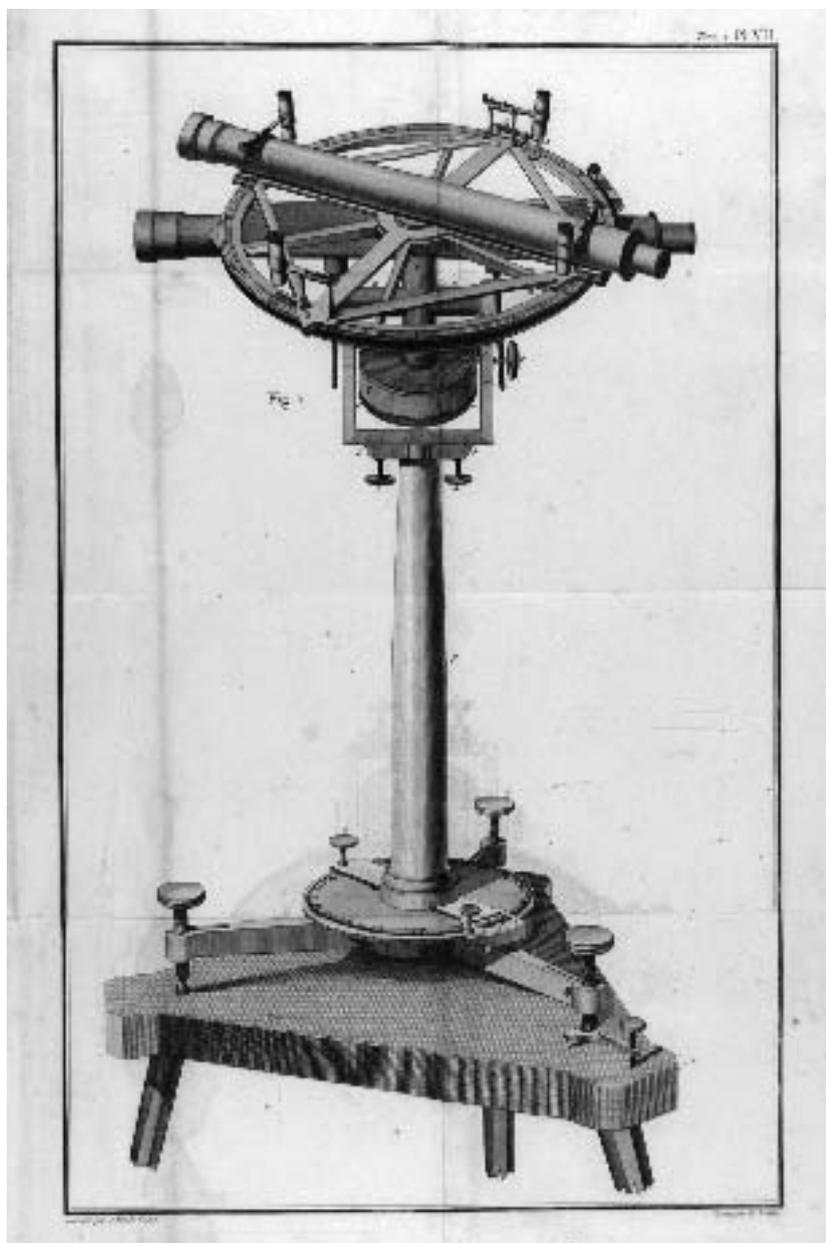


Fig. 16 – Circolo a riflessione di Borda.

25. Jean-Baptiste Biot

Recueil d'observations géodésiques, astronomiques et physiques, exécutées par ordre du Bureau des longitudes de France, en Espagne, en France, en Angleterre et en Écosse, pour déterminer la variation de la pesanteur et des degrés terrestres sur le prolongement du méridien de Paris, faisant suite au troisième volume de la Base du système métrique; rédigé par mm. Biot et Arago, membres de l'Académie des Sciences... Paris, M.me V.e Coucier, libraire pour les sciences, 1821.XXX, 588 p., [2] c. di tav. ripieg. 4°

R. IV. 28 CCC

Matematico, fisico e astronomo, Jean-Baptiste Biot (Parigi 1774 - 1862) tra il 1807 e il 1808 fu incaricato, insieme a Dominique F. Arago (1786 - 1853), dal Bureau des longitudes di portare a termine le operazioni per il prolungamento dell'arco del meridiano di Parigi fino alle Baleari, iniziate da Pierre-Francois-André Méchain. Più tardi, tra il 1817 e il 1818, il Bureau gli affidò il compito di dirigere le operazioni per il prolungamento dello stesso meridiano in Inghilterra, fino alle isole Shetland.

Astronomia e geodesia nello Stato Pontificio nei secoli XVIII-XIX

26. Giovanni Battista Riccioli

Geographiae et hydrographiae reformatae, nuper recognitae, & auctae, libri duodecim. Auctore r. p. Io. Baptista Ricciolio Ferrariensi Societatis Iesu...

Venetiis, typis Ioannis LaNoù, 1672.

[16], 691 [i.e. 695, 1] p., ill. fol.

BB. III.19

Astronomo e geografo, il gesuita Giovanni Battista Riccioli (1598 - 1671) raccolse e coordinò nella *Geographiae et hydrographiae reformatae... libri duodecim* i materiali e le osservazioni di carattere geografico e idrografico che, dalla scoperta dell'America in poi, si erano venuti ad accumulare. L'opera, stampata per la prima volta a Bologna nel 1661, si articola in 12 libri, ricchissimi anche di riferimenti bibliografici ed eruditi. La geografia è intesa come conoscenza sia della posizione dei luoghi sulla superficie terrestre - latitudine e longitudine - sia come figura della Terra. Nel *Liber quartus geodeticus De locorum distantijs mathematice mensurandis* Riccioli, dopo aver illustrato gli strumenti atti alle

misurazioni geodetiche, tra i quali il compasso di Galileo, esamina i vari metodi per calcolare le distanze. In particolare analizza il metodo delle triangolazioni descritto nell'opera *Eratosthenes Batavus De terrae ambitus vera quantitate*, pubblicata a Leida nel 1617 dal fiammingo Willebrord Snell (1580/1591-1626), che per primo lo aveva messo a punto per misurare l'arco di meridiano nei Paesi Bassi, da Alkmaar a Bergenop-Zoom. Il grafico delle triangolazioni di Snell viene riprodotto a p. 118, e qui in fig. 16.

Nel *Liber octavus* vengono esaminati i diversi metodi per calcolare la longitudine e tracciata anche una storia della determinazione del primo meridiano a partire dall'antichità.

Pur essendo le misurazioni fornite da Riccioli ancora largamente imprecise, tutt'altro che trascurabile fu il suo contributo al progresso degli studi geografici e alla determinazione della figura della Terra.

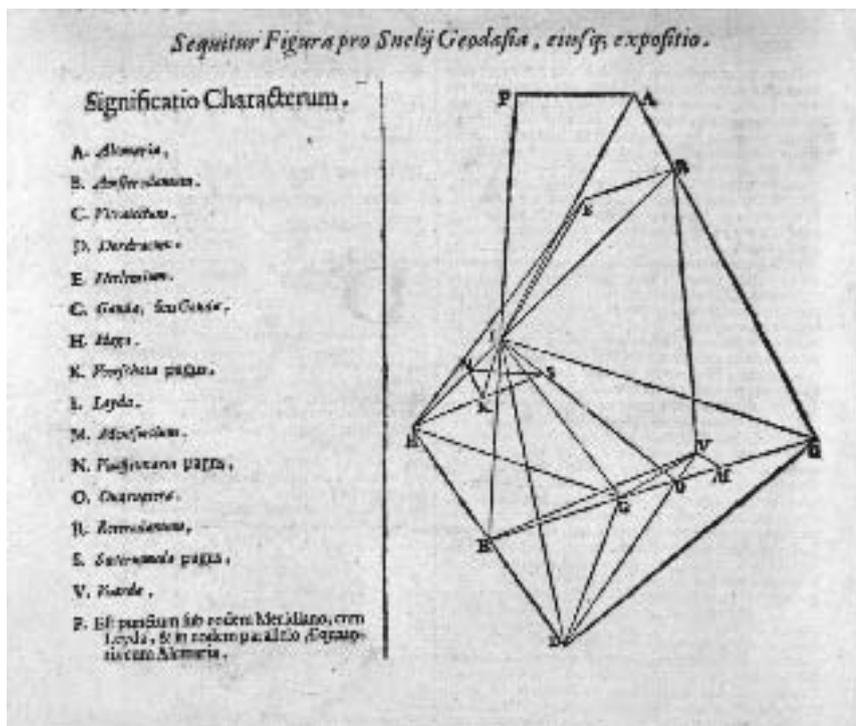


Fig. 16 – L'arco di Meridiano nei Paesi Bassi (da Snell).

27. Gian Domenico Cassini

La meridiana del tempio di S. Petronio tirata, e preparata per le osse-
ruazioni astronomiche l'anno 1655. Riuista, e restaurata l'anno 1695. Di
Gio. Domenico Cassini astronomo primario dello Studio di Bologna
matematico pontificio e dell'Accademia Reggia delle Scienze.

In Bologna, per l'erede di Vittorio Benacci, 1695.

[8], 75, [5] p., [2] c. di tav. ripieg. ill. fol.

M.V.73

La meridiana era stata determinata nel 1655 da Gian Domenico Cassini (1625-1712). Chiamato a soli 25 anni a ricoprire la prima cattedra di astronomia nello Studio bolognese, grazie anche all'approvazione che al suo progetto aveva dato Giovanni Battista Riccioli, G. Domenico Cassini fu incaricato di tracciare una meridiana nuova che sostituisse quella già realizzata un secolo prima da Egnazio Danti (1536-1586) nella Basilica bolognese di S. Petronio.

Nell'anno 1668 Colbert lo invitava in Francia, dove Cassini si recò l'anno seguente per rimanervi per il resto della vita, alla guida dell'Osservatorio parigino. L'incontro con Jean Picard gli aprì nuove prospettive ed egli si impegnò in un progetto ben più vasto: tracciare una linea meridiana attraverso tutta la Francia da Dunkerque ai Pirenei (cfr. scheda n. 19). Durante un breve ritorno in Italia, accompagnato dal figlio Jacques, Cassini ebbe l'opportunità di correggere gli errori che il tempo aveva recato alla sua meridiana in S. Petronio a Bologna. L'opera pubblicata nel 1695 è la relazione dei lavori eseguiti dallo scienziato, che fu coadiuvato dal matematico Domenico Guglielmini (1655-1710), autore della *Memoria delle operazioni fatte, e degli strumenti adoprati nell'ultima ristorazione della meridiana*, stampata nel volume di seguito al testo di Cassini (p. 38 sgg.). A p. 45 è riportata l'iscrizione fatta apporre in S. Petronio dall'astronomo nell'occasione, mentre a carta *4v l'incisione a piena pagina di Francesco Maria Francia (1657-1731) raffigura a grandezza reale, in un serto di alloro, la medaglia coniata per celebrare l'evento: sul dritto è ritratto Gian Domenico Cassini, sul rovescio lo spaccato prospettico della chiesa con la meridiana.

Completano l'apparato iconografico del volume due grandi tavole, disegnatte e incise da Egidio Maria Bordoni (1695-1723): una è la *Pianta della chiesa presente di S. Petronio*, l'altra, incisa su tre fogli in sequenza, per una lunghezza complessiva di m 1.80, è la *Linea meridiana*. Quest'ultima reca "in grandezza naturale, la metà superiore dell'ellisse proiettata dal Sole al solstizio d'inverno, cioè alle sue dimensioni massime. All'interno della semiellisse, trova posto una sezione della chiesa, con le costruzioni geometriche relative alle principali caratteristiche della meridiana e la riproduzione degli strumenti usati" (cfr.: G. Tabarroni,

La meridiana, in *La Basilica di San Petronio in Bologna* v. II, Bologna 1984, p. 333). Nell'esemplare casanatense i tre fogli della *Linea meridiana* sono rilegati come tre tavole separate.



Fig. 17 – Cassini e la meridiana di S. Petronio.

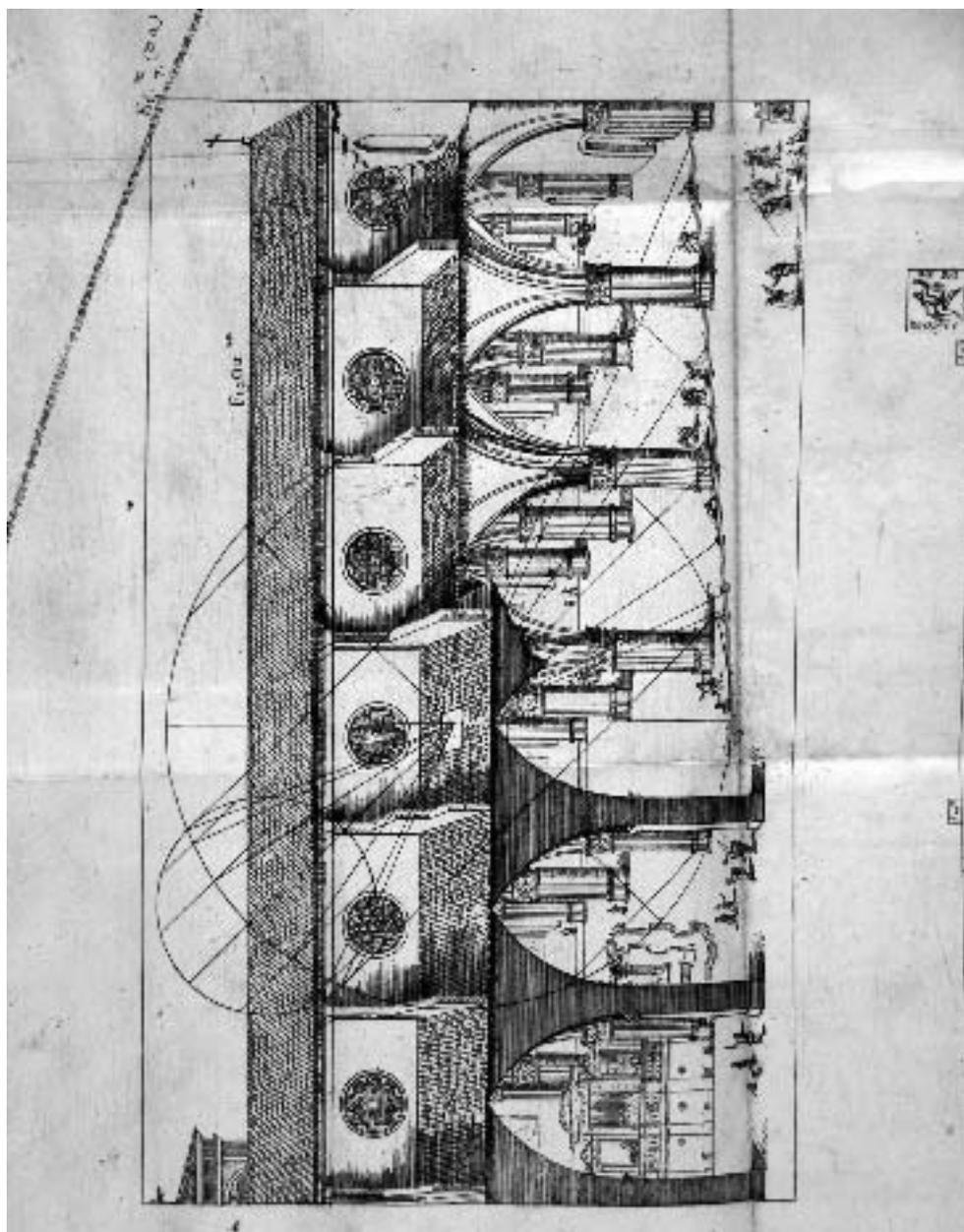


Fig. 18 – La meridiana di San Petronio in Bologna.

Fig. 18 – Costruzione di una meridiana: il disegno ci mostra come calcolare le posizioni del Sole nei vari segni. Il cerchio grande è centrato nel foro stenopeico. Il cerchio piccolo, a mò di epiciclo, è centrato sul cerchio grande in modo che unito al foro incida sul pavimento con un angolo pari alla colatitudine del luogo. Qui si troveranno gli equinozi, e quindi anche l'inizio dei segni: il γ . Dopodiché si suddivide in 12 parti uguali l'epiciclo, andando in senso orario. I segni corrispondono alle posizioni seguenti nell'ordine solito: dall'ariete ai pesci. Questo spiega anche perché a due a due i segni su queste meridiane coincidono.
(Costantino Sigismondi)

28. Eustachio Zanotti

La meridiana del Tempio di San Petronio rinnovata l'anno MDC-CLXXVI. Si aggiunge la ristampa del libro pubblicato l'anno 1695 sopra la restaurazione della Meridiana eseguita dai celebri matematici Gio: Domenico Cassini e Domenico Guglielmini.

In Bologna, nell'Istituto delle Scienze, 1779.

56, [8], 88 p., [2] c. di tav. ripieg. ill. fol.

C.VI.47

“Trovandosi la meridiana di S. Petronio talmente scomposta, e guasta da non potere più servire a quegli usi, per cui fu dal celebre Cassini costrutta” l'astronomo e matematico Eustachio Zanotti (1709-1782) era stato incaricato di “rinnovare questo insigne strumento”.

La lunghezza della meridiana di S. Petronio era stata determinata da Cassini come la “sexcenti-millesima pars circuitus universae Terrae”. Ma nel momento in cui Cassini aveva operato, l'esatta dimensione del pianeta, creduto ancora perfettamente sferico, era poco conosciuta. Nel 1779 al contrario l'ipotesi newtoniana dell'appiattimento polare era ormai definitivamente provata e Zanotti sente di dover brevemente riepilogare l'intera questione come premessa alla relazione sugli interventi condotti nel restauro a S. Petronio. Dopo il testo di Zanotti, nell'edizione del 1779 vengono integralmente riprodotte le memorie di Cassini e di Guglielmini edite nel 1695. La ristampa è illustrata con il rame del Francia e con le tavole disegnate e incise da Egidio Maria Bordoni (1695-1723) per l'edizione originale. I tre fogli che compongono la grande tavola della *Linea meridiana* sono incollati insieme tra di loro e uniti ad altri tre fogli, realizzati per l'occasione, in cui è raffigurata la meridiana dopo gli interventi di Zanotti. In alto a sinistra è inoltre aggiunto il particolare relativo al sistema di livellazione adottato nel restauro del 1776.

29. Francesco Bianchini

De kalendario et cyclo Caesaris ac De paschali canone S. Hippolyti martyris dissertationes duae ad... Clementem XI. Pont. Max.... His accessit enarratio per epistolam ad amicum De nummo et gnomone Clementino auctore Francisco Blanchino Veronensi Basilicae S. Laurentii in Damaso de Urbe canonico... Romae, typis Aloysii, & Francisci de Comitibus impressorum cameralium, 1703 (Romae, typis Rev. Cam. Apost.).[20], 176, [8], 84, [32] p., [15] c. di tav. ill. fol.

M.V.59

Astronomia e studi di cronologia costituirono gli ambiti di ricerca verso i quali maggiormente si concentrò l'attività scientifica di Francesco Bianchini (1662 - 1729). Questi interessi si sintetizzano efficacemente nell'opera esposta dove la descrizione della Meridiana, costruita per ordine del pontefice Clemente XI nella Basilica romana di Santa Maria degli Angeli e dei Martiri, è edita accanto a due dissertazioni storiche, che ne costituiscono, per così dire, l'ideale premessa. La prima dissertazione è uno studio del calendario giuliano attraverso la testimonianza offerta dai *Fasti Maffeiiani*, lastra marmorea dell'età di Augusto rinvenuta a Roma nel 1547, recante l'iscrizione del calendario romano (sette frammenti di questa lastra sono oggi conservati ai Musei Capitolini). La seconda è l'interpretazione di un documento difficilissimo e mai decifrato prima: le tavole e il ciclo pasquale di 112 anni, inciso in caratteri greci intorno alla cattedra della statua di s. Ippolito ritrovata nel 1551, oggi al Museo Pio Cristiano in Vaticano. Segue quindi nel volume il *De nummo et gnomone clementino*, compiuta relazione, in forma di epistola, sulla costruzione della Meridiana di Santa Maria degli Angeli, la chiesa romana progettata da Michelangelo nell'aula rettangolare (il *Tepidarium* o il *Frigidarium*) delle Terme di Diocleziano. A differenza di quella che Gian Domenico Cassini aveva costruito qualche decennio prima nella chiesa di S. Petronio a Bologna, la meridiana del Bianchini serviva non soltanto per il Sole, ma anche per i pianeti e per le altre stelle. Si sperava inoltre che essendo tracciata su un edificio di quattordici secoli, le Terme di Diocleziano appunto, non sarebbe stata soggetta ai cambiamenti che si registravano in quella bolognese. Le osservazioni per la sua costruzione iniziarono nel 1701: Bianchini fu affiancato da Jacques Philippe Maraldi (1665-1729), nipote per parte di madre di Cassini. I lavori terminarono nel 1702. Nell'opera Bianchini riassume le osservazioni astronomiche fatte per determinare la linea meridiana, espone il metodo e le soluzioni origi-

nali adottate, descrive la Meridiana stessa, dandone le coordinate astronomiche, la lunghezza, l'altezza e le dimensioni del foro gnomonico e dello gnomone boreale. L'impresa aveva tratto origine dalla necessità di verificare la validità della riforma gregoriana del calendario. La questione era di assoluta rilevanza ai fini della determinazione della data della Pasqua nella migliore concordanza possibile con i moti del Sole e della Luna e con le regole date dai Padri del Concilio di Nicea. Bianchini stesso nel 1701 era stato nominato dal pontefice segretario della Congregazione per la Riforma del Calendario, presieduta dal cardinale Enrico Norris. La Meridiana avrebbe sempre precisato l'Equinozio di Primavera, dando così visibile certezza alla determinazione della data della Pasqua. Va ricordato peraltro che senza fare riferimento alla Meridiana l'astronomo formulò un altro metodo per realizzare la migliore soluzione possibile al problema di un ciclo pasquale composto di anni gregoriani. La sua proposta, pubblicata nella *Solutio problematis paschalis* edita a Roma nel 1703, per i tipi della Reverenda Camera Apostolica, raccolse ampi consensi nella cultura del tempo. In particolare essa fu giudicata positivamente da Leibniz, il quale aveva peraltro molto ammirato la Meridiana, e dai matematici luterani, ma gli spiriti ortodossi più fanatici gridarono allo scandalo, parlando di un *calendario leibniziano*.

L'edizione esposta è illustrata con tavole incise di grande interesse storico-documentario tra le quali una con il prospetto della Meridiana. La medaglia coniatata per l'occasione in onore di Clemente XI è raffigurata sia sul frontespizio sia all'inizio – carta *2r - del *De nummo et gnomone clementino*.

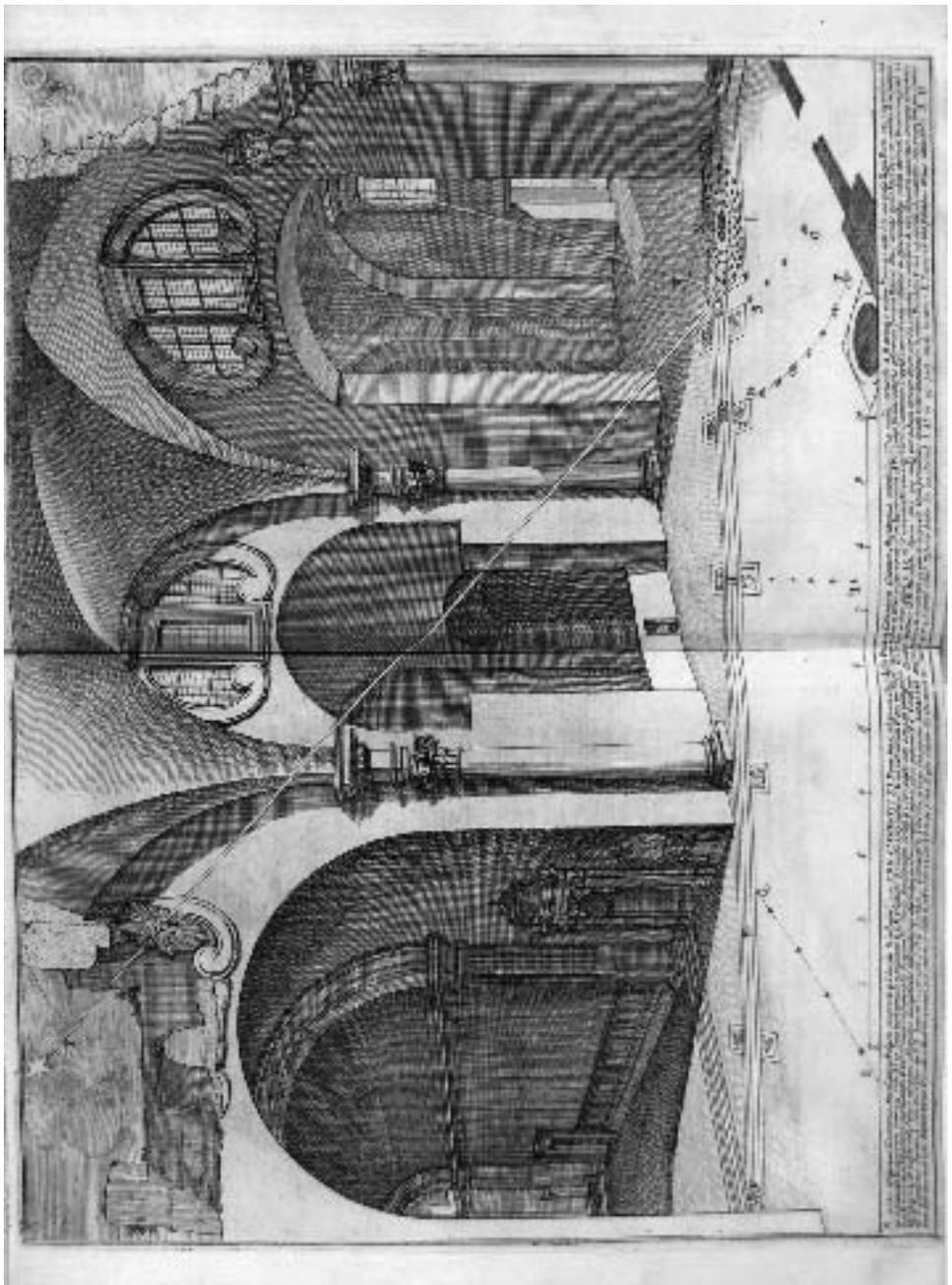


Fig. 19 – La Meridiana di Santa Maria degli Angeli e dei Martiri in Roma.

30. Francesco Bianchini

Francisci Bianchini Veronensis astronomicae, ac geographicae observationes selectae Romae, atque alibi per Italiam habitae ex eius autographis excerptae una cum geographica meridiani Romani tabula a mari supero ad inferum ex iisdem observationibus collecta et concinnata cura et studio Eustachii Manfredi in Bononiensi Scientiarum Instituto astronomi.

Veronae, typis Dyonisii Ramanzini bibliopolae apud s. Thomam, 1737 (In Verona, per Dionisio Ramanzini librario a s. Tomio).

[42], XIII, [1], 278, [2] p., [1] c. di tav. ripieg. ill., ritr., c. geogr. fol.

L.X.26

Nell'opera sono raccolte le osservazioni astronomiche e geografiche effettuate, in parte anche con l'aiuto di Jacques Philippe Maraldi, tra il 1685 e 1729 da Francesco Bianchini. L'edizione postuma, aperta dal ritratto dell'autore, fu curata e commentata dall'astronomo e matematico Eustachio Manfredi (1674-1739), che faticò non poco per mettere in ordine tutta la documentazione sparsa su centinaia di fogli manoscritti. Il testo è illustrato con disegni geometrici e immagini elegantemente incisi.

Nel volume è pubblicata la *Tauola de luoghi d'Italia per li quali passa il meridiano di Roma da un mare all'altro ricauate dalle osseruazioni di mons. Francesco Bianchini. 1736*. Questa carta geografica è il risultato di un progetto rimasto incompiuto che Bianchini aveva maturato a seguito dei viaggi compiuti tra il 1712 e il 1713, prima in Francia poi in Inghilterra. Il più stretto contatto con gli ambienti scientifici europei lo aveva fortemente impressionato. In particolare l'astronomo era rimasto colpito dalle grandi operazioni geodetiche effettuate nel corso di 16 anni dai Cassini lungo l'arco del meridiano di Parigi. Gli venne pertanto in mente di fare qualcosa di simile in Italia, misurare cioè tutto l'arco di meridiano da un mare all'altro, cosa che avrebbe dato un contributo fondamentale al progresso della conoscenza geografica della penisola e non solo. Le osservazioni iniziarono nel 1717 e Bianchini si mise anche in contatto con il geografo Guillaume Delisle (1675-1726). Benché l'opera del Bianchini risulti per la verità poco esatta, la sua esperienza aprì la strada alla misurazione effettuata qualche decennio più tardi dai due astronomi gesuiti Ruggiero Giuseppe Boscovich e Christopher Maire.



*Absumpto e vivis FRANCISCO BIANCHINO VERONENSI. Bibliothecae Librariano
Curatorio, Subdiacono Sacelli Pontificii Praedato Domestico &c. aetate
suae An. 1717. inobrabili hac imagine Patriae Civem, Ecclesiae
lumen, hominum Artium cultoribus Magistrum, Orbi universo
per amantissimum PETRUM ROTARIUM VERONENSEM continuaverunt facturam,
effusissime lamentatur, et amantissimo Patri illacrymans, restituit.
Romae An. 1733.*

Fig. 20 – Francesco Bianchini.

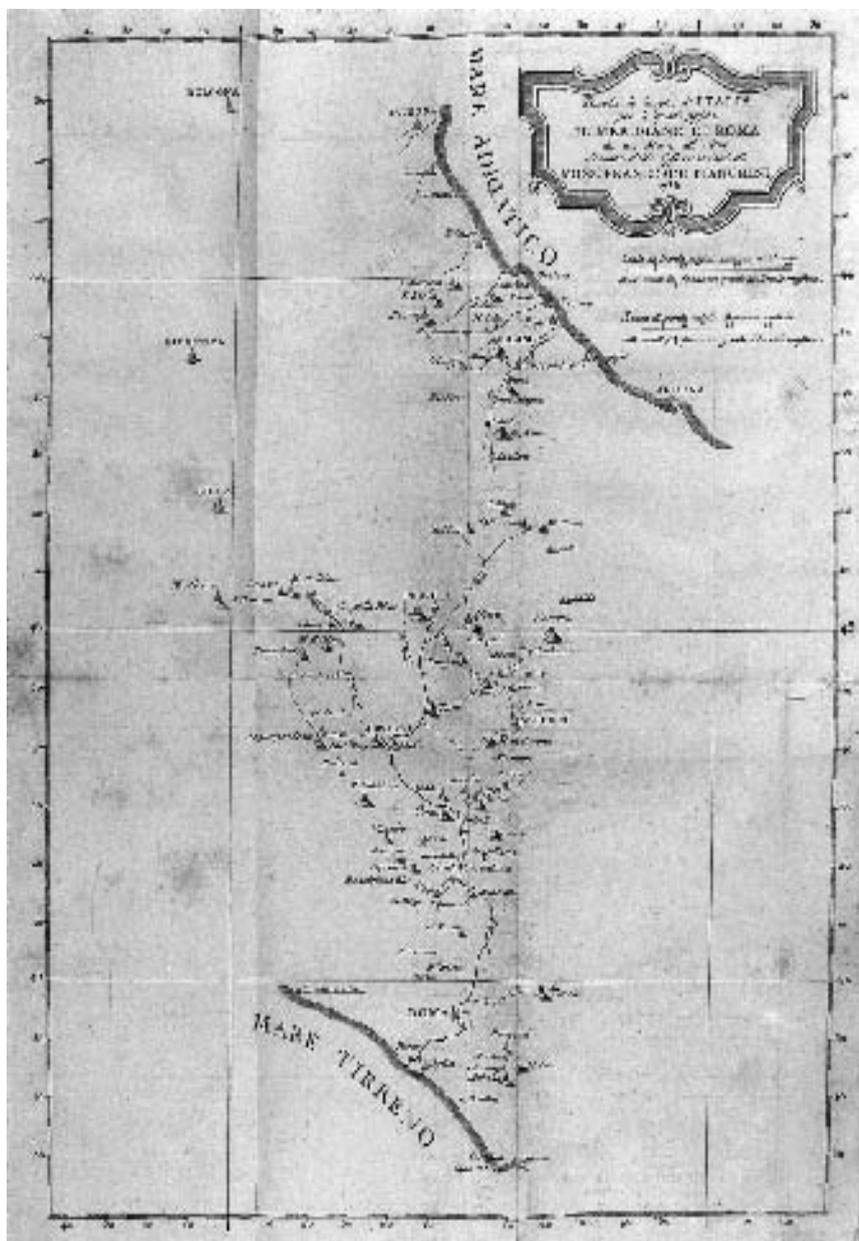


Fig. 21 – L'arco di Meridiano tra Roma e Rimini (Bianchini).

31. Luigi Rados (1773-1840)

Ritratto di Ruggiero Giuseppe Boscovich.

da Giuseppe Bramati (1795 - 1871)

Incisione su rame, 300 x 230 mm

In Serie di vite e ritratti de' famosi personaggi degli ultimi tempi... v. 2, Milano, Batelli e Fanfani, 1818, tavola [87].

20.A.IV.100

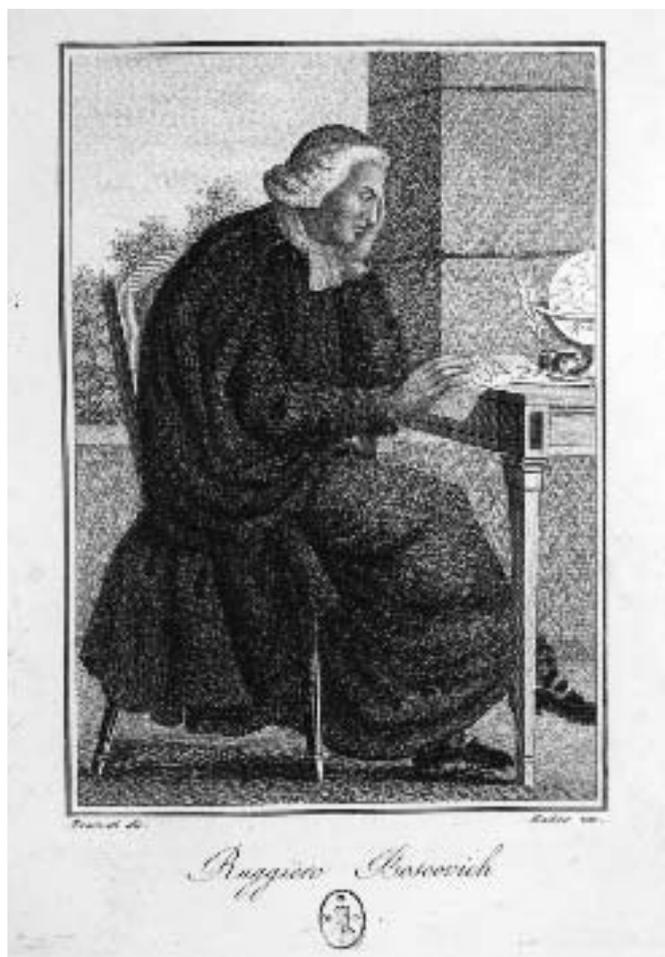


Fig. 22 – Ruggiero Giuseppe Boscovich.

32. Christopher Maire - Ruggiero Giuseppe Boscovich

De litteraria expeditione per pontificiam ditionem ad dimetiendos duos meridiani gradus et corrigendam mappam geographicam jussu, et auspiciis Benedicti XIV. pont. max. suscepta a patribus Societ. Jesu Christophoro Maire et Rogerio Josepho Boscovich.

Romae, in typographio Palladis excudebant Nicolaus, et Marcus Plearini, 1755.

XXI, [1], 516, [4] p., 4 c. di tav. ripieg. ill. 4°

O.XII.66

Iniziate nel 1750 per ordine di Benedetto XIV, dietro suggerimento del cardinale Silvio Valenti Gonzaga, le operazioni geodetiche di Ruggiero Giuseppe Boscovich (1711-1787) e Christopher Maire (1697-1767) attraverso lo Stato Pontificio possono essere considerate tra le più importanti mai effettuate non solo in Italia, ma in Europa, nel corso del XVIII secolo. La rilevazione si inseriva infatti perfettamente nel dibattito sulla forma della Terra che aveva visto opposti Newton e Cassini, e Boscovich sosteneva la necessità di misurare archi di meridiano a latitudine intermedia. I risultati dell'impresa furono pubblicati nel 1755 con il titolo *De litteraria expeditione*. L'opera è composta da cinque opuscoli: il primo, il quarto e il quinto sono redatti da Boscovich, il secondo e il terzo da Maire. Come dichiara Boscovich all'inizio dell'*Opusculum primum*, due furono gli scopi della missione voluta dal pontefice: "alter ad Telluris figuram, & magnitudinem pertinens, alter ad Geographicam Pontificiae ditionis mappam".

La spedizione si concluse nel novembre del 1752 e, grazie all'appoggio anche sul piano finanziario del papa, fu dotata dei migliori strumenti disponibili, tra i quali un sestante costruito per l'occasione e un quadrante, che insieme alla cassa costruita per proteggerlo da eventuali urti, raggiungeva il peso di 300 libbre (circa 100 kg). Per misurare la base della triangolazione vennero impiegati tre tese di 9 palmi romani, due regoli di ferro e sei cavalletti. Agli strumenti usati – raffigurati nelle tavole II-III - e al loro funzionamento è dedicato in modo particolare l'*Opusculum quartum*. Della misura di 9 palmi romani fu calcolata la conversione in linee di piede parigino, al fine di poter confrontare i risultati ottenuti con i dati elaborati dall'Académie Royale des Sciences. La base geodetica delle triangolazioni - il cui grafico da Roma a Rimini è delineato nella tavola I - fu misurata sulla via Appia ed ebbe come estremi la tomba di Cecilia Metella e la località *Frattochie*. Per volontà del papa il punto fondamentale della rete geodetica doveva partire dalla Cupola di S. Pietro. Questo punto fondamentale, estremamente disagiata per le rilevazioni,

fu dai due astronomi 'legato' all'osservatorio del Collegio Romano. Il punto fondamentale di Rimini fu stabilito nella dimora del conte Francesco Garampi. Le operazioni furono completate nel 1753: Boscovich aveva trovato, per una latitudine media di 42° 59' una lunghezza del grado di meridiano di 56979 tese francesi (circa 111 km), un valore coerente con i dati forniti dalle misurazioni francesi – 110.75 km all'equatore e 111.947 km a 66° di latitudine - a conferma della teoria newtoniana della figura della Terra. Schiacciata ai poli.

33. Christopher Maire

Nuova carta geografica dello Stato Ecclesiastico delineata dal p. Cristoforo Maire d[ell]a C[ompagni]a di Gesù sulle comuni osservazioni sue e del p. Ruggiero Gius[epp]e Boscovich d[ell]a med[esim]a C[ompagni]a...

In Roma, nella Calcografia della R.C.A. à Piè di marmo, [1755].

1 carta geografica su 3 fogli; 650x380 mm (matrice di ciascun foglio)

20.B.I.3/20

Geografo di talento, oltre che abile astronomo, Christopher Maire disegnò la *Nuova carta geografica dello Stato Ecclesiastico* sulla base dei dati ottenuti dalle operazioni geodetiche compiute insieme con Boscovich. Incisa su tre fogli da comporre in sequenza, la carta – come si legge nel ricco cartiglio in basso a destra (III foglio) - è dedicata a Benedetto XIV, per ordine del quale i due gesuiti avevano operato. In alto a destra (I foglio) è un lungo *Avvertimento* nel quale si ricorda l'impresa. La carta è orientata lungo il meridiano nord-sud tra Rimini e Roma. La longitudine è misurata - come era del resto per lo più in uso all'epoca – partendo dal meridiano dell'Isola di Ferro. Il grado di meridiano tra Roma e Rimini - si afferma nella nota – “si è trovato di miglia Romane moderne 74, e passi 566, contenendo ogni miglio passi 1000, ogni passo piedi 5, ogni piede once 16 di passetto di palmo Romano da Architetto, che ne contiene 12. Questo passo Romano sta alla tesa di Francia come 29710 a 38880, onde questo grado contiene tese di Francia 56979”. Dieci scale di riduzione tra le quali, oltre quelle italiane, sono anche la scala francese e quella inglese, figurano in basso a sinistra (III foglio), mentre al centro a sinistra (II foglio) è una *Tavola de' Nomi antichi di alcune Città e di alcuni Castelli e Fiumi*.



Fig. 24 – Nuova Carta dello Stato Pontificio (Maire e Boscovich).

34. Andrea Conti

Posizione geografica de' principali luoghi di Roma e de' suoi contorni. Opuscolo di Andrea Conti, e Giacomo Ricchebach. Professori ed astronomi nel Collegio Romano.

Roma, nella Stamperia De Romanis, 1824.

117, [3] p., [1]c. di tav. ripieg. 29 cm

G.II.106 CC

Nel volume vengono presentati i risultati delle triangolazioni effettuate dagli astronomi Andrea Conti (1777-1840) e Giacomo Ricchebach (1776-1841) per stabilire, con la maggior esattezza possibile, la posizione geografica dei principali edifici di Roma e delle località negli immediati dintorni della città.

Già nel 1802 Giuseppe Calandrelli (1749-1827) aveva tentato l'impresa. Nel 1814 la Specola del Collegio Romano aveva potuto dotarsi di un nuovo strumento, "un bel Teodolite del Sig. Reichenbach", uno strumento "maraviglioso, per la finezza del lavoro, per la sorprendente

costruzione, e per l'ammirabile esattezza", il che aveva incoraggiato i due a riprendere il progetto. Lo strumento, che prende il nome dal suo costruttore, uno dei maggiori del XIX secolo, il tedesco Georg Friedrich von Reichenbach (1771-1826), consentiva infatti la ripetizione degli angoli. Nella rete dei triangoli furono inseriti per quanto possibile i punti "più rimarchevoli o per la storia o per l'antichità". Il luogo scelto per la misura della base, "l'operazione più importante di Geodesia", fu "la bella strada così detta di Porta Angelica alle pendici del Monte Mario, ed in poca distanza dalla riva destra del Tevere, e perciò soggetta alle massime inondazioni, per il che più uniforme e regolare". Per misurare la base furono usate quattro pertiche di legno di pino di 9 piedi circa di lunghezza, 28 linee d'altezza e 22 di larghezza. Il valore medio della portata delle quattro pertiche fu calcolato come pari a 6.196715 tese e la misura della base risultò di 554.405226 tese. A questa base fu appoggiato il calcolo delle triangolazioni. La loggia della Specola del Collegio Romano, la Cupola di S. Pietro, nel piano detto *giretto della Lanterna* e il Casino dell'Aurora a Villa Ludovisi furono scelti come punti principali per le misurazioni degli angoli. A questi dovevano collegarsi tutti gli altri punti fissati. Ai tre principali fu aggiunta villa Poniatowski (via di Villa Giulia). Qui, nella loggia coperta, fu collocato il teodolite ripetitore di Reichenbach per la misurazione degli angoli. Un grafico dell'intera operazione è nella tavola posta a corredo del testo.

Nelle tabelle che raccolgono i risultati delle osservazioni sono indicate per ogni luogo la distanza dalla perpendicolare e dalla meridiana della Specola del Collegio Romano: espresse sia in tese, sia in metri, la latitudine e la longitudine.

35. Giacomo Ricchebach

Esame imparziale della triangolazione del p. G. Ruggiero Boscovich. Memoria postuma del canonico Giacomo Ricchebach professore di matematiche nell'Università Romana.

Roma, nella tipografia Salviucci, 1846.

[8], 118, [2] p., [2] c. di tav. ritr. 29 cm

G.II.103 CC

L'opera, pubblicata postuma a cura del fratello dell'autore, Carlo, vuole essere una verifica imparziale delle rilevazioni geodetiche effettuate da Ruggiero Giuseppe Boscovich e Christopher Maire alla metà

del Settecento. La correttezza di queste ultime era stata infatti messa in forse all'inizio del secolo XIX prima da Giovanni Inghirami (1779-1851) che non aveva potuto raccordare le triangolazioni da lui eseguite in Toscana con quelle dell'astronomo gesuita, poi nel 1810 dai lavori dei geodeti militari francesi che avevano messo in evidenza altre discrepanze, infine dall'astronomo Barnaba Oriani (1752-1832), che aveva rilevato come la verticale calata dalla croce posta sulla Cupola di S. Pietro non coincidesse con il centro della Cupola, punto previsto da Boscovich come fondamentale per misurare l'arco di meridiano.

Nell'edizione si trova il ritratto di Giacomo Ricchebach, litografia di Michele Danesi (1809-1887) su disegno di Paolo Guglielmi (1804-1862). In fine è il grafico delle triangolazioni eseguite per la verifica.

36. Achille Paris (1820-1884)

Ritratto di Angelo Secchi.

Litografia, 210 x 135 mm

In **Bernardo Mattiauda**, In morte del padre Angelo Secchi. Canto dell'avvocato B. Mattiauda. Roma, Tipografia delle scienze matematiche e fisiche, 1878.

Vol. Misc. 757.10

37. Angelo Secchi

Misura della base trigonometrica eseguita sulla via Appia per ordine del governo pontificio nel 1854-55 dal p. A. Secchi d. C. d. G....

Roma, tipografia della Rev. Camera Apostolica, 1858.

197 p., [1], 5 c. di tav. ill. 32 cm.

L. I.73 CC

Tra il 1854 e il 1855 Angelo Secchi (1828-1878) fu chiamato a rimisurare la base trigonometrica della via Appia, già rilevata da Boscovich nel 1751 (cfr. scheda n. 32). Il termine superiore presso le *Frattochie* era andato smarrito e si desiderava venisse "ristabilito per la sicurezza delle operazioni geografiche e trigonometriche di tutta l'Italia meridionale". Il metodo usato per la misurazione, inventato dall'ingegnere Ignazio Porro (1801-1875) consisteva "nel collocare in linea retta sulla direzione della Base una serie di microscopi posati sopra convenienti banchetti, il cui numero è arbitrario, ma cinque sono sufficienti. Una verga o tesa di quattro metri di lunghezza, graduata all'estremità serve a prendere suc-

cessivamente le loro reciproche distanze, e così a dare la misura lineare. [...]. La posizione dei microscopi in linea retta è guidata da un piccolo strumento dei passaggi, che collocasi sul piede del microscopio antecedente e da una piccola scala graduata che mettesi sul seguente. L'inclinazione della tesa all'orizzonte ottienesi mediante un livello ordinario a cannocchiale e due piccole stadie fissate perpendicolarmente alla tesa [...]"'. Tutta l'apparecchiatura fu realizzata a Parigi: nell'incisione a fronte del frontespizio è raffigurata nella sua messa in opera, mentre i singoli strumenti che la compongono sono rappresentati nelle tavole nn. 2-5. La tavola n. 1 contiene i grafici del profilo della livellazione della via Appia.



Fig. 25 – Misura della base geodetica sulla via Appia presso il monumento di Cecilia Metella.

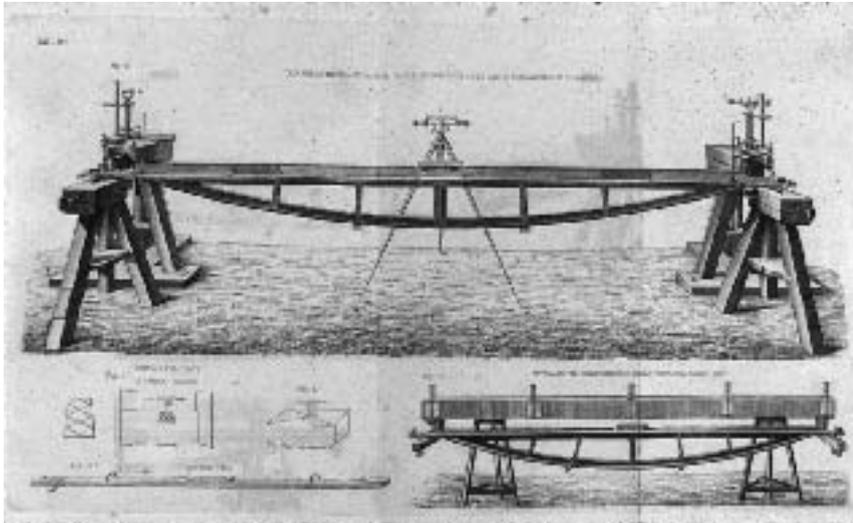


Fig. 25 – La Tesa, per la misura della base geodetica dell’Appia.

38. Angelo Secchi

Osservatorio astronomico del Collegio Romano.

In Le scienze e le arti sotto il pontificato Pio IX. 2. ed. Roma, stabilimento tipografico di G. Aurelj, 1863-1865.

20. A.IV.65-66

Breve storia del nuovo osservatorio del Collegio Romano, costruito da Angelo Secchi sulla fabbrica della mai eretta cupola della Chiesa di S. Ignazio. L’articolo è pubblicato nella raccolta *Le scienze e le arti sotto il pontificato di Pio IX*, opera documentaria, oltre che celebrativa, corredata da 233 tavole incise da Paolo Cacchiatelli (1846-1878), Gregorio Cleter (1813-1873) e altri artisti. Già stampata nel 1860, ne venne fatta una seconda edizione a fascicoli tra il 1863 e 1865.

L’intervento di Secchi è illustrato con due acqueforti, una raffigurante la veduta dell’*Osservatorio del Collegio Romano sulla Chiesa di S. Ignazio*, l’altra *La sala dell’equatoriale dell’Osservatorio del Collegio Romano*.

39. Angelo Secchi

Rapporto della Commissione per la misura del meridiano centrale europeo negli Stati Pontificii presentato a sua eminenza reverendissima

il sig. cardinale Giuseppe Berardi nel giorno 1 agosto 1870 e letto all'Accademia pontificia de' Nuovi Lincei nella sessione del 9 luglio 1871 dal p. A. Secchi d. C. d. G. presidente della medesima Commissione.

Roma, Tipografia delle scienze matematiche e fisiche, 1871.

29, [3] p. ill. 31cm

Estr. da: Atti dell'Accademia pontificia de' Nuovi Lincei, 24 (1871).

Misc. 698.19

Nel 1861 si era costituita in Germania una associazione geodetica tra i vari stati della Confederazione con lo scopo di effettuare un'accurata misurazione dell'arco di meridiano che attraversa l'Europa centrale. Per questa parte d'Europa erano infatti disponibili solo dati parziali, discrepanti fra di loro. Nella conferenza internazionale di Berlino del 1864 fu decisa la misurazione del meridiano centrale europeo. Al programma aderì anche la Commissione italiana per la misura del grado di meridiano, riunitasi per la prima volta a Torino il 3 giugno 1865. A Firenze nel 1869 Secchi partecipò a titolo privato alle sedute della Commissione permanente dell'associazione internazionale per la misura del grado del meridiano centrale europeo, riferendo sui lavori in corso nello Stato Pontificio, dalla verifica della base di Boscovich sulla via Appia alla determinazione della differenza di longitudine tra Roma e Napoli, ottenuta utilizzando il cronografo elettrico. Invitato ad aderire al progetto europeo, il governo pontificio nominò una commissione mista di astronomi ed ingegneri militari, presieduta dallo stesso Secchi, con il compito di procedere ad una grande triangolazione sul territorio dello Stato della Chiesa, che all'epoca comprendeva solo il Lazio. L'impresa fu annunciata pubblicamente il 15 febbraio 1870, mediante notificazione del Ministero del Commercio ai singoli proprietari di non ostacolare le operazioni nei fondi di loro proprietà. Il 20 settembre dello stesso anno la breccia di Porta Pia poneva fine al potere temporale dei papi. Dopo l'annessione di Roma al Regno d'Italia le operazioni geodetiche passarono nelle competenze del Genio Militare dello Stato italiano e le osservazioni furono affidate a Lorenzo Respighi (1824-1889), direttore dell'Osservatorio del Campidoglio.

Nella memoria esposta Secchi riassume i lavori svolti dalla commissione da lui presieduta. La prima decisione assunta fu quella di abbandonare la stazione centrale sulla cupola di S. Pietro e di costruire un nuovo segnale sul vertice di Monte Mario, nella vigna di proprietà del principe Barberini. Venne eretta così la Torre del Primo Meridiano. L'astronomo gesuita descrive la struttura dell'edificio, che nel 1871 era già alto 11 metri - sarebbe stato terminato di lì a poco - sottolineando lo sforzo finanzia-

rio che la sua costruzione aveva richiesto dato che il preventivo di spesa si aggirava intorno alla 5000 lire. Al centro del monumento, quattro metri sotto il livello della soglia, era stata posta una pietra con un'iscrizione commemorativa del pontefice Pio IX, per ordine del quale era stata effettuata l'impresa. Una riproduzione grafica di questa incisione figura a p. 13. Nella memoria vengono inoltre descritte le stazioni terminali - Capo di Bove e Frattocchie - della base misurata sulla via Appia, il progetto di congiunzione della base stessa alla rete principale e le altre stazioni scelte per le operazioni trigonometriche: Cervaro, Torre Nova, Pratica, Fiumicino, Monte Virginio, Monte Soratte, Monte Gennaro, Monte Cavo.

40. Angelo Secchi

L'astronomia in Roma nel pontificato di Pio IX. Memoria del p. A. Secchi d.C.d.G. direttore dell'osservatorio nel Collegio Romano.

In Triplice omaggio alla santità di papa Pio IX nel suo giubileo episcopale offerto dalle tre romane accademie Pontificia di Archeologia, insigne delle Belle arti denominata di S. Luca, Pontificia de' Nuovi Lincei. Roma, Tipografia della Pace, 1877, p. 27-77.

K.I.6 CC

Nell'articolo Secchi traccia la storia dell'osservatorio del Collegio Romano, ne descrive la struttura architettonica e gli strumenti in uso, offre infine una panoramica degli studi di astronomia fisica effettuati sotto la sua direzione. Il settimo paragrafo è intitolato *Lavori astronomici geodesici*. Dopo aver riassunto i dati relativi alla determinazione della latitudine e longitudine sia del vecchio sia del nuovo osservatorio del Collegio Romano, il grande astronomo gesuita ripercorre tutte le tappe che, dalle prime triangolazioni condotte da Boscovich, passando attraverso la misurazione della base trigonometrica sulla via Appia effettuata negli anni 1854-55, portarono alla decisione di scegliere Monte Mario come vertice di una rete geodetica "capace di legarsi" con quella della Toscana e dell'Italia meridionale. Boscovich infatti aveva scelto per punto fondamentale della sua rete trigonometrica la Cupola di S. Pietro, "ma una tale stazione gloriosa e sublime come monumento, non si prestava all'esattezza e al comodo delle misure. Fu quindi abbandonata e si scelse il vertice di *Monte Mario* in sua vece, salvo a legare appresso alla rete della cupola di S. Pietro con operazione di dettaglio".

Delle 15 tavole che corredano l'intero volume in cui è pubblicato il saggio, le numero III-V illustrano il nuovo osservatorio del Collegio Romano costruito da Secchi sopra la fabbrica su cui avrebbe dovuto poggia-

re la cupola della Chiesa di S. Ignazio. Oltre alla planimetria (tav. IV), sono raffigurate la *Veduta esterna dell'osservatorio del Collegio Romano nella Chiesa di S. Ignazio* (tav. III) e la *Sezione prospettica interna del cielo mobile e dell'equatoriale di Merz nel medesimo osservatorio* (tav. V), entrambe opera dell'incisore Giovanni Della Longa (1823-1888).

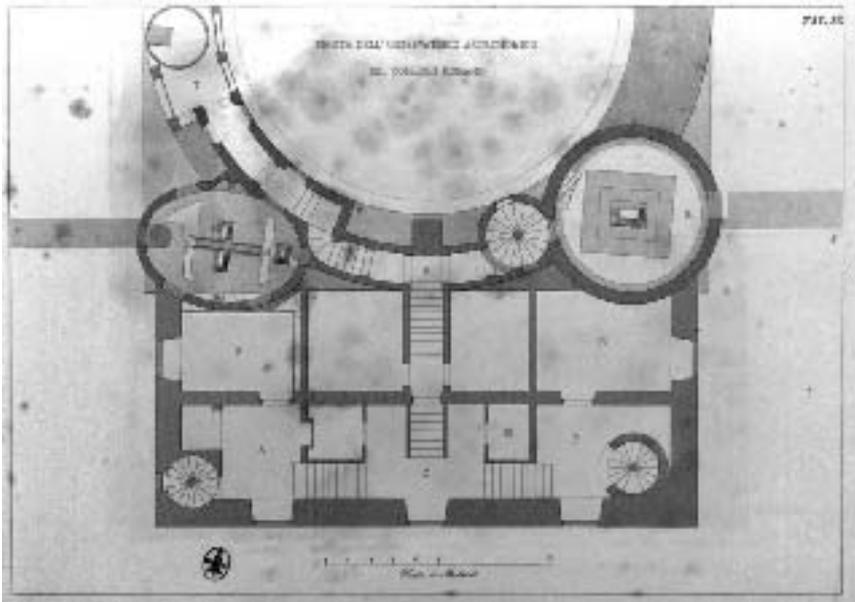


Fig. 27 – Osservatorio del Collegio Romano, pianta.



Fig. 27 – Osservatorio del Collegio Romano, telescopio equatoriale di Merz.

Il Meridiano di Monte Mario e i lavori della Commissione geodetica italiana agli inizi del '900

41. Commissione Geodetica Italiana

Latitudine astronomica del punto trigonometrico di Monte Mario in Roma determinata negli anni 1904-1905 da E. Bianchi [et al.].

Bologna, Tipografia Gamberini e Parmeggiani, 1909.

[2], 190 [ma 192] p., [1] c. di tav. 31 cm

C^s I.15

Nelle riunioni della Commissione geodetica italiana del 1895, del 1900 e del 1903 fu stabilito di procedere alla determinazione, attraverso nuove osservazioni, degli elementi astronomici – latitudine, longitudine e azimut - di Monte Mario, individuata come stazione geodetica fonda-

mentale dello Stato italiano. Nel volume sono pubblicati i risultati delle determinazioni della latitudine effettuate da Emilio Bianchi (1875-1941) da Alfonso Di Legge (1847-1938) dall'ingegnere Antonio Loperfido (1859 – 1938) da Elia Millosevich (1848-1919) e da Vincenzo Reina (1862-1919) tra il 1904 e il 1905. La stazione astronomico-geodetica di Monte Mario è raffigurata nella tavola finale. Nella prefazione l'astronomo Giovanni Celoria (1842-1920), direttore dell'osservatorio di Brera e presidente della Commissione, così commenta l'immagine:

“In alto si vede la torretta il cui asse corrisponde al punto trigonometrico, individuato questo da una targa di marmo e nella parte centrale di bronzo; targa murata con cemento nel mezzo del pavimento a terreno della torretta e che porta incise le parole: *Punto geodetico fondamentale. Monte Mario. Origine delle longitudini italiane.* In basso vi si vedono due cupole, l'una a sezione poligonale e a sinistra di chi guarda, l'altra a destra e a sezione rettangolare. La cupola di sinistra, trasportabile, ha la parte sua inferiore fissata al terreno, la parte superiore girevole. Sotto essa sonvi due robusti pilastri destinati l'uno alle osservazioni nel primo verticale, l'altro a quelle nel meridiano. Sul primo di essi furono collocati successivamente gli strumenti che servirono ai professori Di Legge e Millosevich, i quali determinarono la latitudine per mezzo di osservazioni di passaggi di stelle al primo verticale, seguendo il Millosevich il metodo detto di Bessel, il Di Legge quello di Struve. Sul secondo collocò lo strumento di osservazioni l'ingegnere Loperfido, il quale determinò la latitudine col metodo Horrebow-Talcott”. Quest'ultimo metodo fu seguito anche da Bianchi, mentre Reina usò il metodo delle distanze zenitali meridiane.



Fig. 28 – Torre del primo meridiano d'Italia.

42. Commissione Geodetica Italiana

Processo verbale delle sedute della r. Commissione Geodetica Italiana tenute in Roma nei giorni 3, 4 e 6, aprile 1906...

Bologna, Tipografia Gamberini e Parmeggiani, 1906.

79 p., [4] c. di tav. 31 cm

Misc. 234.23

Nel volume sono pubblicate, tra gli allegati, le relazioni dei lavori compiuti dall'Istituto Geografico Militare per conto della Commissione nel triennio 1903-1905. Tra questi figura il progetto - di cui il grafico è delineato nella tavola n. [4] posta a corredo del volume - per il collegamento della base geodetica misurata da Angelo Secchi alla rete fondamentale. Tra le altre tavole, oltre all'immagine fotografica della *Stazione astronomico-geodetica di Monte Mario*, sono la carta della *Rete geodetica italiana* e la carta della *Livellazione geometrica di precisione*.

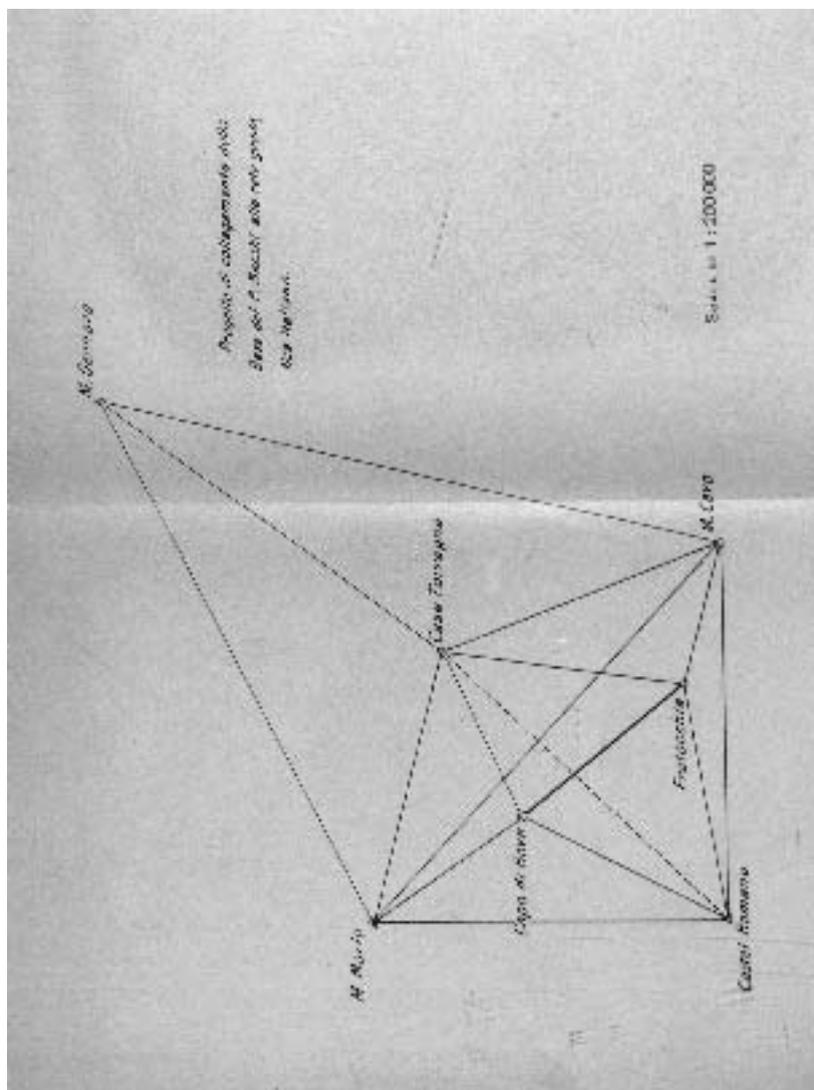


Fig. 30 – Triangolazioni per il collegamento tra la base di Secchi e la rete geodetica nazionale.

43. Commissione geodetica italiana

Elementi della rete geodetica fondamentale a nord del parallelo di Roma.
Firenze, Tipografia Barbera Alfani e Venturi proprietari, 1908.
127 p., [2] c. di tav. ripieg. 32 cm

B⁷.I.4

Nel volume furono pubblicati gli elementi che si riferivano alla triangolazione dell'Italia settentrionale, centrale e della Sardegna. I dati si inserivano nel piano di revisione di tutta la rete geodetica italiana ed erano la naturale prosecuzione dei lavori iniziati nel 1862, all'indomani della proclamazione del Regno. La revisione si proponeva di conferire ai rilevamenti "la precisione voluta dalla Geodesia moderna" e di rispondere alle esigenze della moderna cartografia.

Nella prefazione Antonio Loperfido avverte che le coordinate geografiche utilizzate provengono dall'osservatorio della Marina di Genova, e ciò in attesa che vengano completate le operazioni astronomico-geodetiche di Monte Mario, assunto come origine definitiva.

Il testo è corredato con le carte della *Rete geodetica italiana* e della *Rete di raccordamento*.

44. Commissione geodetica italiana

Processo verbale delle sedute della r. Commissione geodetica italiana tenute in Roma nei giorni 14, 15, 16, e 17 aprile 1909...
Bologna, Tipografia Gamberini e Parmeggiani, 1909.
92 p., [3] c. di tav. tav. 31 cm

Misc. C.50.3

Tra le varie relazioni pubblicate, come allegato VI è edita quella di Vincenzo Reina sulla *Differenza di longitudine fra l'Osservatorio Astronomico di Brera (Milano) e il punto trigonometrico di M. Mario (Roma)*.

Corredano il volume carte geodetiche e grafici.

Appendice

Determinare la differenza di longitudine tra meridiani attraverso le eclissi di Luna: la polemica tra Giovanni Battista Audiffredi, prefetto Casanatense, e Alexandre-Gui Pingré

45. Anonimo (seconda metà sec. XVIII)

Ritratto di Giovanni Battista Audiffredi

Olio su tela, 77 x 61 cm

(inv. 281)

Nel ritratto Giovanni Battista Audiffredi, il più illustre tra i prefetti della Biblioteca Casanatense, è raffigurato seduto a un tavolo: nella mano destra ha una moneta, un'altra è sul tavolo insieme con un libro e vari strumenti scientifici. La moneta, il libro e gli strumenti simboleggiano la molteplicità dei suoi interessi e della sua attività. Nato a Saorgio (Nizza) il 2 febbraio 1714 da nobile famiglia, era entrato giovanissimo nell'Ordine dei Domenicani, cambiando il nome di Giulio Cesare in quello di Giovanni Battista. Seguì gli studi filosofici e teologici nel Convento di Bosco Marengo, vicino Alessandria, ma come egli stesso testimonia (Biblioteca Casanatense, ms. 3525, cc. 75v-77r), i suoi veri interessi intellettuali erano rivolti allo studio della matematica e dell'astronomia. Passato nel Convento di S. Domenico a Genova, sotto la guida del domenicano Amedeo Agnesi (1702-1755) ebbe infine modo di dedicarsi alla geometria e all'aritmetica, senza tuttavia trascurare gli studi teologici. Nel 1739 venne a Roma come lettore al Collegio di S. Tommaso nel Convento di S. Maria sopra Minerva. Nel 1749 veniva nominato, su proposta del maestro generale dell'Ordine, Antonin Brémond, secondo bibliotecario della Casanatense, la biblioteca pubblica fondata dal cardinale Girolamo Casanate (1620-1700) e da questi affidata ai Domenicani della Minerva. Nel 1759 gli veniva conferita la carica di prefetto della biblioteca, carica che mantenne fino alla morte avvenuta a Roma il 4 luglio 1794. Sotto la sua prefettura la Casanatense raggiunse l'acme del suo splendore e della sua fama in tutta Europa. A consolidare il prestigio dell'istituzione aveva del resto contribuito in modo determinante la pubblicazione tra il 1761 e il 1788 dei primi quattro tomi del catalogo delle opere a stampa della biblioteca redatto proprio dall'Audiffredi (*Bibliothecae Casanatensis Catalogus librorum typis impressorum tomus primus [-quartus]*. Romae, excudebant Joachim & Joannes Josephus Salvioni fratres, 1761-1788). La monumentale opera rimase interrotta dopo la sua morte. Una porzione - lemmi *LAAN-LEODEGARIUS* - di quello che avrebbe dovuto essere il tomo V fu stampata, senza note tipografiche, certamente non prima del 1797. Interessato agli studi botanici e numismatico, Audiffredi dotò la Casanatense di un piccolo

museo, ove raccolse collezioni scientifico-naturalistiche accanto a medaglie, monete, reperti archeologici e artistici secondo il gusto per il collezionismo proprio dell'epoca.

I suoi impegni di bibliotecario non gli impedirono tuttavia di dedicarsi a quella "nobilissima" astronomia verso la quale egli si era sentito spinto fin da giovane. E proprio nel Convento di S. Maria sopra Minerva ebbe la possibilità di costruire un osservatorio nella loggia del Noviziato. Qui Audiffredi nel 1751 tracciò una linea meridiana ancora visibile alla metà dell'Ottocento.



Fig. 30 – Giovanni Battista Audiffredi.

46. Giovanni Battista Audiffredi

Fr. Joannis Baptistae Audiffredii, Ord. Praed. s. t. m. Bibliothecae Casanatensis praefecti, De Solis parallaxi ad v. cl. Grandjean de Fouchy Acad. Scient. Paris. a secret. commentarius.

Romae, ex Typographia Hermathenaea, 1766.

[4], 152 p., [1] c. di tav. ripieg. 8°

m. V. 26

L'osservazione più importante compiuta dall'Audiffredi, quella che gli diede fama - per usare le parole di Joseph-Jérôme de Lalande - di "habile astronome" a livello europeo, fu il passaggio di Venere davanti al Sole il 6 giugno 1761. Il passaggio fu seguito dall'osservatorio mineritano: Audiffredi comunicò subito i risultati ottenuti in un piccolo opuscolo di sole 6 pagine, intitolato *Passaggio di Venere avanti al Sole osservato in Roma, nel Convento della Minerva, il giorno 6. del cadente giugno MDCCLXI*. Nell'arco di 4 ore di intenso lavoro aveva compiuto ben 33 osservazioni, che collazionate ed elaborate matematicamente tra di loro, gli consentirono di calcolare la distanza minima del centro del pianeta dal centro del Sole, la longitudine della traccia apparente descritta da Venere sul disco solare, il tempo medio del transito, il tempo dell'emersione e il diametro del pianeta. Nel 1762 egli diede alle stampe una più compiuta analisi dell'osservazione, il *Transitus Veneris ante Solem observati Romae apud PP. S. Mariae super Minervam VI. Junii MDCCLXI. Expositio historico-astronomica*. In appendice all'opera pubblicata anonima dai Salvioni - per la verità il nome dell'autore figura nelle *approbationes* in calce al testo - Audiffredi descrive la preziosa moneta d'oro di Cneo Domizio Enobarbo, acquistata per la raccolta numismatica della Casanatense.

Data l'assoluta rilevanza del fenomeno osservato, gli astronomi europei si confrontarono tra di loro circa l'attendibilità dei valori elaborati, specie relativamente al valore della parallasse solare calcolata. L'astronomo francese Alexandre-Gui Pingré (1711-1796) allo scopo di osservare il passaggio di Venere, aveva guidato, per incarico dell'Académie Royale des Sciences di cui era socio corrispondente, una spedizione scientifica nell'isola Rodrigues nell'Oceano Indiano. Nella memoria intitolata *Observations astronomiques pour la détermination de la parallaxe du Soleil faites en l'Isle Rodrigues*, apparsa nella seconda parte dell'*Histoire de l'Académie Royale des Sciences. Année MDCCLXI. Avec les Mémoires de Mathématique et de Physique, pour*

la même année, stampata nel 1763, collazionando dati di diverse osservazioni, Pingré esprime un severo giudizio su quella romana fatta nel Convento della Minerva da un anonimo astronomo. A suo giudizio essa infatti manca di una coordinata essenziale per il controllo dei valori forniti: la differenza cioè di longitudine tra il meridiano dell'Osservatorio di Parigi e quello della Minerva. L'unico dato disponibile, la differenza di longitudine tra il meridiano dell'Osservatorio parigino e il meridiano di S. Pietro è scientificamente inutilizzabile. Pertanto conclude Pingré l'osservazione in questione è del tutto trascurabile. La reazione dell'Audiffredi fu immediata. Nel 1765 firmandosi Dadeius Ruffus – l'anagramma del suo cognome - il domenicano pubblica l'*Investigatio parallaxis solaris*, studio in cui dimostra non solo l'esattezza dei suoi calcoli anche relativamente al meridiano del Convento minervitano, ma dimostra altresì le incongruenze dei dati elaborati proprio da Pingré. Infine nel 1766 diede alle stampe - dedicandolo al segretario perpetuo dell'Académie Royale, Philippe Grandjean de Fouchy, con il quale aveva avuto uno scambio epistolare - il *De Solis parallaxi commentarius*. Il trattato doveva essere la più compiuta dimostrazione dell'attendibilità dei dati forniti e del valore della parallasse solare calcolata, che Audiffredi fissa in 9".26 valore molto più vicino a quello attualmente calcolato (8".794) mentre quello di Pingré è di 10".10.

Per calcolare la differenza di longitudine tra l'Osservatorio di Parigi e quello del Convento della Minerva, Audiffredi usò tra l'altro il metodo basato sulle eclissi di Luna. Alle p. 37-38 è una tabella in cui sono riportati i tempi dell'osservazione dell'eclisse lunare del 28 marzo 1755 effettuata da Maire e Boscovich, in relazione al progredire dell'ombra tra i vari crateri del satellite. I crateri sono identificati attraverso la nomenclatura di Riccioli e forse delle mappe di Grimaldi, che rimasero a lungo tra le migliori mai disegnate.

47. Giovanni Battista Riccioli

Almagestum nouum astronomiam veterem nouamque complectens observationum aliorum, et propriis nouisque theorematibus, problematibus ac tabulis promotam, in tres tomos distributam quorum argumentum sequens pagina explicabit. Auctore Ioanne Baptista Ricciolo Societatis Iesu...

Bononiae, ex typographia haeredis Victorij Benatij, 1651.

2 v. fol.

M.II.40-41

L'opera astronomica del gesuita Giovanni Battista Riccioli (1598 - 1671) fu senza dubbio viziata dal preconcetto di voler confutare ad ogni costo il sistema copernicano, sul quale del resto pesava la condanna del Sant'Uffizio. Questa posizione, forse solo prudente, del Riccioli appare già annunciata dall'antiporta, uguale in entrambi i volumi, dell'edizione bolognese dell'*Almagestum nouum*. Nell'incisione firmata da Francesco Curti (1603? - 1670?) - piena di simbolismi illustrati dallo stesso autore nella lettera prefatoria al secondo volume - il sistema copernicano è messo a confronto con quello ticonico. In basso a destra, ai piedi della figura sdraiata di Claudio Tolomeo, è raffigurato l'universo secondo la concezione dell'astronomo alessandrino. L'*Almagestum nouum* è la prima grande opera del Riccioli. Vi sono date le posizioni di 1500 stelle, riportate all'equinozio del 1700, osservate da Ipparco, da Tycho Brahe, da Kepler, da Riccioli stesso e da Francesco Maria Grimaldi (1618-1663). Con Grimaldi, anch'egli gesuita, Riccioli stabilì uno straordinario rapporto intellettuale, avvalendosi della sua collaborazione anche per la stesura di altri due trattati, la *Geographia et hydrographia reformata* (Bononiae 1661) (cfr. scheda n. 26) e l'*Astronomia reformata* (Bononiae 1665). Di fondamentale importanza storica e scientifica è il libro IV del primo volume dell'*Almagestum*. Il libro è dedicato alla Luna, di cui vengono descritte 600 macchie. Riccioli ne stabilì anche la nomenclatura, quella che, pur con le dovute integrazioni, è utilizzata ancora oggi. Vi sono inoltre edite oltre a varie figure della superficie lunare, due celebri carte selenografiche: la *Selenographia* e la *VI. Figura pro Nomenclatura, et Libratione lunari*, disegnate da Francesco Maria Grimaldi e incise da Domenico Maria Fontana (1607-1675). Le due tavole doppie sono rilegate nell'esemplare casanatense in ordine inverso, tra le pagine 200 e 201, anziché tra la pagina 204 e la pagina 205, dove sono stampate le figure n. 7-10 e dove ha inizio la *Nomenclatura* del Riccioli.

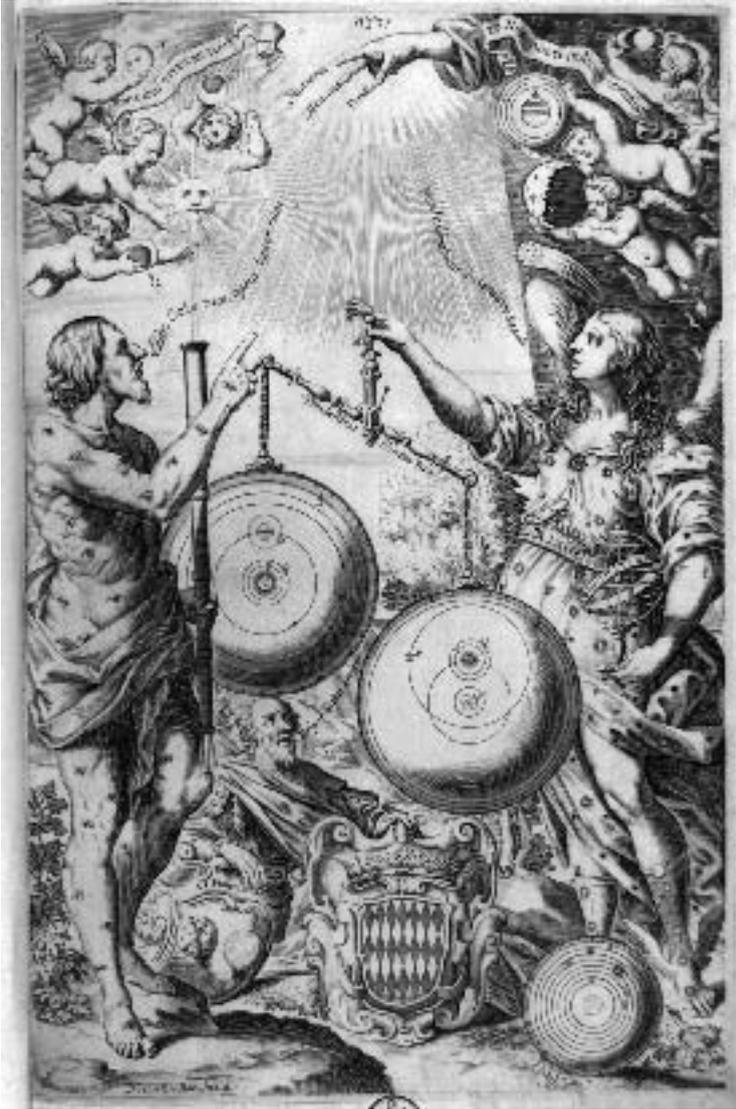


Fig. 31 – Almagestum novum: è interessante l'antiporta scelta dal Gesuita Riccioli per la sua opera astronomica. Su una bilancia viene pesato il sistema Copernicano con quello Ticonico, in cui si salva la rotazione di Venere e Mercurio attorno al Sole. Il sistema tolemaico è ormai abbandonato a terra. Dopo la vicenda di Galileo Riccioli ritenne di non riprendere le difese dell'ipotesi copernicana, ma sperava nel compromesso ticonico. (Costantino Sigismondi)



Fig. 32 – Librazione lunare: ruotando su se stessa nello stesso tempo in cui orbita attorno a noi, la Luna ci rivolge sempre la stessa faccia. Tuttavia per l'eccentricità dell'orbita e la II legge di Keplero al perigeo la Luna percorre archi di orbita più lunghi di quanto non abbia ruotato su se stessa. Poiché la Luna si muove nel cielo da ovest verso est in quelle circostanze vediamo presso il lembo ovest fino a circa quasi 5° di faccia nascosta. All'apogeo invece gli archi sono più corti rispetto alla sua rotazione e riusciamo a scorgere al lembo est altri 5° . In totale vediamo il 59% di tutta la superficie lunare, e quest'area è rappresentata nella famosa mappa del Padre Riccioli.

Per un gioco di ombre e sincronia accade che alcune zone polari della Luna sono rivolte verso di noi solo quando sono in ombra: sono le zone di Cassini. (Costantino Sigismondi)

48. Globo Terrestre

Roma, Silvestro Amanzio Moroncelli, 1716; diametro m 2,20 ca.

Disegnato a penna e dipinto su carta; supporto in cartapesta vuoto, montato su perno metallico, sostegno di legno, a base ottagonale, alto cm 58. Meridiani e paralleli tracciati di 5° in 5°; segnati i due tropici, i due cerchi polari, l'equatore e l'eclittica. Equatore, eclittica e meridiano iniziale, passante per l'Isola di Ferro, divisi in gradi (rossi e gialli). Sull'orizzonte di legno è incollata una striscia di carta graduata, con l'indicazione delle costellazioni zodiacali, dei mesi e dei venti. Meridiano graduato in ottone.

In latino le iscrizioni maggiori, in italiano le minori e i nomi dei luoghi; vari disegni di navi, animali marini e rosa dei venti. Una *legenda* in latino ricorda le esplorazioni di celebri navigatori, altre in italiano accennano alle più importanti scoperte geografiche. Nell'emisfero settentrionale ritratto del cardinale Girolamo Casanate; in quello meridionale stemma del Casanate, ritratto e stemma di Antonin Cloche, maestro generale dell'Ordine dei Predicatori, e autoritratto con stemma dell'autore. Sotto l'autoritratto la seguente iscrizione: “*D. Silvester Amantius Moroncelli Fabrianen. / Abbas Benedictinus Congreg. Siluestrin_ Cosmographus / Sapienti_ Roman_ nec non Regin_ Suecor. Auctor / Anno Aetatis suae Sexagesimo quinto / Dom. uero 1716*”.

Abate della congregazione Silvestrina di S. Stefano del Cacco, Silvestro Amanzio Moroncelli (al secolo Giovanni Francesco), nacque a Fabriano nel 1652 dove morì nel 1719. Fu celebre cosmografo e cartografo. Oltre ai globi realizzati per la Casanatense, del Moroncelli sono conservati al Museo della scienza e della tecnica di Milano due globi del 1679, disegnati per la Biblioteca Alessandrina di Roma, mentre nella Biblioteca Comunale di Fermo è il globo terrestre del 1713, considerato il più grande globo antico mai costruito (circonferenza m 5,68). Due globi, uno celeste e uno terrestre di dimensioni minori, realizzati rispettivamente nel 1710 ca. e nel 1714 ca., sono esposti nel Museo dell'Accademia Etrusca di Cortona (Sala Medicea). Nella Sala del Biscione dello stesso Museo si trova anche un piccolo globo celeste del 1710, con nomenclatura e raffigurazioni bibliche e cristiane in luogo di quelle classiche.

Moroncelli firmò anche carte topografiche tra le quali quella della *Marca Anconitana, e Fermana, divisa nelle sue diocesi* edita ne *Il Mercurio Geografico* da Giovanni Giacomo De' Rossi.

Il globo terrestre e quello celeste (cfr. scheda 49) costarono alla Casanatense 402 scudi, di cui 200 costituirono il compenso per l'autore.



Fig. 33 – Globo terrestre del Moroncelli.

Fig. 33 – Meridiani terrestri: è stato tratteggiato nel Salone Casanatense sul pavimento il meridiano 0° 0' 04" Ovest dal meridiano del Collegio Romano che attraversa Roma dal Pincio (partendo dal punto dove si trova il busto marmoreo del Padre Secchi) al luogo dove si trovava il telescopio meridiano sul tetto di Sant'Ignazio, fino al lato orientale della cupola del Gesù, chiesa madre dei Gesuiti. Questo meridiano è distante 92 metri da quello che fu di riferimento per le carte dello stato Pontificio pubblicate da Boscovich. A 23.01 metri da questo, verso la metà del salone si trova il meridiano 0° 0' 05" W. La distanza di 1" in longitudine corrisponde a 23.01 m alla latitudine di 41°54' del luogo. In termini di tempo su questo meridiano il mezzodì capita 1/15 di secondo prima che su quello che si trova 23.01 m più a ovest. Già al centro di Piazza Navona (950 m più a ovest di qui) il mezzodì accade 2.75 s più tardi.

Secondi d'arco e di tempo: se dividiamo in 360 parti un cerchio, ognuna di esse copre 1°. Se questo cerchio ruota in 24 ore, ogni grado viene spazzato in 4 minuti. Valgono le seguenti equivalenze:

Tempo	Angoli	Spazio (lat 41.9°)
1 h	15°	1242.819 km
1 min	15'	20.713 km
1 s	15"	345.227 m
1/15 s	1"	23.015 m

All'equatore lo spazio corrispondente a dati angoli è massimo.

Se la forma della Terra è un ellissoide schiacciato ai poli, il grado di longitudine è sempre minore del valore calcolato per una sfera di raggio pari a quello equatoriale. Viceversa se la Terra fosse schiacciata all'equatore. Gli angoli suindicati sono visti dal centro della Terra. 1 eurocent posto sulla mira del Pincio e visto a 2.3 km di distanza, dal telescopio meridiano del Collegio Romano corrisponde ad un angolo di 1.7". (**Costantino Sigismondi**)

49. Globo celeste

Roma, Silvestro Amanzio Moroncelli, 1716; diametro m 2,20 ca.

Disegnato a penna e dipinto su carta; supporto di cartapesta vuoto, montato su perno metallico. Pregevoli raffigurazioni delle costellazioni ognuna accompagnata da una didascalia con l'indicazione del nome in latino, in greco, in arabo e nelle varie lingue europee. Equatore ed eclittica divisi in gradi (rossi e gialli); tropici e circoli polari in rosso; disegnati anche in rosso solo i meridiani degli equinozi e dei solstizi. Orizzonte di legno sorretto da sostegno metallico su base lignea di forma ottagonale, alta cm 58, del tutto simile a quella del globo terrestre.

Sull'orizzonte è incollata una striscia di carta divisa in gradi, con il calendario zodiacale e il nome dei venti. Meridiano graduato in ottone. Sul globo varie iscrizioni in latino tra le quali, in un cartiglio, la seguente “*DECLARATIO / Ecce damus methodo Ptolemaica, seu Orteliana Coelestium Si / derum, quotquot hodie extare comperimus Schemata situs, et ut / decet reperiuntur perfecta. Sunt enim ex descriptionibus Hiparchj, / Ptolomei, Alphonsi, Copernici per Tyconem Brahe ad trutinam / examinata, nec non Ioannis Bayeri, qui Vranometriam per im / mages in tabulis Aeneis expressit. Et nunc per me D. Siluestrum Aman- tium Moroncellj Fabrianen; Abbatem Bened. Congreg. / Silu-*”– calamo descripta, coloribusque effigiata Adattataque ad Ann. 1716”.

Ritratto del cardinale Girolamo Casanate nell'emisfero boreale; stemma dello stesso e autoritratto del Moroncelli nell'emisfero australe.



Fig. 34 – Globo celeste del Moroncelli.

Fig. 34 – Meridiani celesti: il Coluro equinoziale, il cerchio rosso perpendicolare, passa per il punto γ ed il punto Ω dove l'eclittica interseca l'equatore celeste e per il polo nord celeste. Nel cielo fa le veci del meridiano di Greenwich, solo che si muove verso Ovest (verso sinistra su questo globo) per effetto della precessione degli equinozi. La presenza della stella Algenib (γ Pegasi) quasi esattamente sul coluro, permette di datare con precisione la mappa stellare all'equinozio del 1716. Anche Alpheratz (α Andromedae, il cui nome arabo significa *la testa della donna in catene*) si trovava a sinistra del coluro, mentre oggi questo si trova alla sua sinistra. (Costantino Sigismondi)

50. Quadrante con cursore

Sec. XIV; ottone, raggio mm 197, fattura tedesca. Manca il filo a piombo.

Sul recto del quadrante sono incisi i quadrati delle ombre e le linee orarie. Il cursore zodiacale mobile può essere posizionato secondo la latitudine desiderata. Sul verso è inciso il calendario zodiacale. Al centro un disco rotante munito di indice, per la misurazione delle case celesti. Su uno dei due lati dritti sono i due traguardi.

Destinato a misurare altezze, distanze e profondità, lo strumento poteva essere impiegato anche come orologio solare universale.



Fig. 35 – Quadrante con cursore.

51. Compasso topografico

Sec. XVII; ottone, punte in acciaio, lunghezza mm 165, fattura italiana.

Compasso topografico con due gambe piatte con punte d'acciaio. Nel punto di cerniera è montata una bussola completa di coperchio che serviva ad orientare lo strumento per misurare gli angoli di posizione nelle operazioni di rilievo topografico. La bussola è circondata dalla rosa dei venti.



Fig. 36 – Compasso Topografico.

52. Compasso di divisione

Sec. XVIII; ferro, lunghezza mm 320.

Il compasso ha un'asta a vite per fissarne l'apertura.

53. Orologio solare a tazza

1626; ottone, diametro mm 85, fattura italiana.

Orologio solare a forma di tazza. Presumibilmente era sorretto da un piedistallo inclinabile. All'interno della coppa, dove è incisa la data di fabbricazione, sono tracciate le linee orarie. Da un lato è saldata la bussola (manca l'ago magnetico) e il piccolo cono metallico (gnomone), che esposto al sole proietta la sua ombra sul diagramma delle ore. Lo strumento è costruito presumibilmente per la latitudine 41° , come indica il numero 41 inciso sopra l'area delle linee orarie. È, sia pur con qualche approssimazione, la latitudine di Napoli, città natale del cardinale Girolamo Casanate, cui l'orologio solare potrebbe essere appartenuto.

54. Cosmoplane

Parigi, Jacques-François Dicquemare, Louis-Charles Desnos, 1768; legno e carta, diametro mm 580.

Nel cartiglio in alto al centro: COSMO-PLANE / Inventé et Construit au Havre de Grace en 1768/ PAR M^r. L'ABBÉ DICQUEMARE, / DÉDIÉ / À MONSIEUR L'ABBÉ NOLLET, / et executé par le S^t. Desnos. Nel cartiglio in basso al centro: A PARIS / chez Desnos Ingénieur Géographe pour les / Globes et Sphères et Libraire de Sa Majesté / le Roi de Dannemarck. / [...].

Progettato dall'abate Jacques-François Dicquemare (1733-1789), lo strumento è dedicato all'abate Jean-Antoine Nollet (1700-1770), uno dei fisici sperimentali più famosi dell'epoca e autorevole membro dell'Académie Royale des Sciences di Parigi. Sulla struttura in legno, costituita da tre dischi di cui uno fisso e due ruotanti di formato diverso, sono incollate le incisioni del cartografo ed editore Louis-Charles Desnos (attivo 1750-1770), cui si deve la realizzazione dell'oggetto. Nella *Description du cosmoplane*, edita a Parigi dallo stesso Desnos nel 1769, Dicquemare illustra la sua invenzione. Sorta di strumento universale fondamentalmente derivato dall'astrolabio, il *cosmoplane* avrebbe dovuto consentire di risolvere quasi tutti i problemi di astronomia navale, compreso ovviamente quello della determinazione della longitudine. Per la verità si tratta di uno strumento di scarsa precisione.



Fig. 37 – Cosmoplane.

CARTOGRAFIA DEI PRIMI MERIDIANI

Ma oggi la maggior parte delle nazioni europee, e gli Stati Uniti dell'America settentrionale, convennero di considerare primo meridiano quello che passa per loro principale osservatorio, e pei Francesi passa dall'osservatorio di Parigi, per gl'Inglesi quello di Greenwich, pegli Spagnuoli quello di Cadice, pegli Americani quello di Washington, pei Russi quello di Pietroburgo. I soli Tedeschi contano ancora la longitudine dell'Isola di Ferro. Gli Italiani dovrebbero contarla dal meridiano del Campidoglio...

F. C. Marmocchi, *Grande Atlante di Geografia Universale*,
Milano, n.d. [ca. 1859], 45 tavole più testo; Introduzione

[n.b.: tutte le mappe in questo atlante adoperano il primo meridiano dell' Isola del Ferro nelle Isole Canarie]

Sino alla fine del 19° secolo le mappe dell'Italia utilizzavano diversi primi meridiani. Le mappe del 18° secolo privilegiavano il “Meridiano dell'Isola del Ferro” (Isla del Hierro). Era un meridiano localizzato nella più occidentale delle Isole Canarie sotto la costa del Nord Africa. Considerandola l'estremo limite occidentale del mondo, gli antichi geografi calcolavano la longitudine a partire da essa. Nel 19° secolo alcune mappe continuarono a basarsi sul Meridiano di Ferro (**Fig. 1, 2**), altre utilizzarono il Primo Meridiano di Parigi (**Fig. 3**), mentre altre ancora il Primo Meridiano di Roma (**Fig. 4**). Nel 1884, il Presidente degli Stati Uniti, Chester A. Arthur, convocò una Conferenza Internazionale per stabilire un Primo Meridiano Internazionale. L'Italia fu fra le 41 delegazioni che convennero a Washington e optarono per Greenwich come Primo Meridiano Internazionale. Successivamente però, non tutta la cartografia italiana utilizzò Greenwich come riferimento per il calcolo della longitudine.

Alcune mappe dello Stato Pontificio a metà dell'ottocento mostrano il meridiano 0 che passa per Roma (**Fig. 5**). Il 15 Febbraio 1870, sette mesi prima della fine del Potere Temporale, il Governo Pontificio annunciò un piano di rilevamento geodetico dello Stato della Chiesa. La triangolazione doveva fare base su Monte Mario dove fu eretta una “sta-

zione-osservatorio astronomico-geodetico fondamentale”¹. Mentre il progetto fu momentaneamente interrotto a causa dell’annessione di Roma al Regno d’Italia (20 Settembre 1870), il nuovo governo italiano fece propria la decisione di utilizzare Monte Mario come punto di partenza della rete geodetica nazionale.

Da allora sino a circa il 1960 la maggior parte delle mappe d’Italia utilizzarono il Meridiano di Monte Mario come il loro Meridiano di Longitudine 0°. Tuttavia le stesse mappe utilizzarono il sistema internazionale di latitudini per i paralleli. Monte Mario si trova a 12°27’08.40” di longitudine Est dal meridiano di Greenwich, il Primo Meridiano Internazionale. L’uso prolungato del Meridiano di Monte Mario, malgrado l’adesione dell’Italia alla conferenza sul Meridiano Internazionale del 1884 che aveva stabilito Greenwich come Meridiano Internazionale, è un indice significativo di come il giovane stato italiano desiderasse sottolineare la sua unità e peculiarità. Le longitudini negli atlanti scolastici (**Fig. 6**) erano normalmente basate sul Meridiano di Monte Mario, tramandando così la sua notorietà tra le giovani generazioni sino a poco tempo fa. Fino agli anni novanta del secolo scorso tutte le carte dell’Istituto Geografico Militare usavano il Primo Meridiano di Monte Mario (**Fig. 7**).

Se si segue con lo sguardo su una carta dell’Italia (**Fig. 8**) la linea di Monte Mario se ne ricava una istruttiva lezione di geografia. Verso Sud, dopo aver mollato gli ormeggi a Tor Vajanica, la linea attraversa il Mare Tirreno e rasenta la costa occidentale della Sicilia a Marsala. In direzione Nord, passa appena a Est di Perugia (“il cuore d’Italia”), taglia lo Stato di S. Marino e si immerge nel Mar Adriatico alla foce del Rubicone. Quando entra nella Laguna Veneta, ci rendiamo conto che Venezia giace quasi esattamente a Nord di Roma. Il meridiano passa il confine con l’Austria presso il Passo di S. Croce di Comelico.

¹ Attilio Mori, *La Cartografia Ufficiale in Italia e l’Istituto Geografico Militare*, Roma, 1922; pp. 82-83.



Fig. 1 – 1788 - Titolo: L'AFRICA DIVISA NE' SUOI STATI PRINCIPALI -
Editore: Calcografia Camerale, Roma [riproduzione] - Meridiano: Isola del Ferro [Primo Meridiano segnato 360°] - Collezione Studium Urbis.



Fig. 2 – 1892 - Titolo: **MANUALE HOEPLI: ATLANTE GEOGRAFICO** - Editore: Ulrico Hoepli, Milano - Meridiano: Isola del Ferro - Collezione Studium Urbis.

Ciascuna delle 25 carte riportate in questo popolare testo (80.000 copie stampate) adotta il Primo Meridiano dell'Isola di Ferro. La persistenza dell'utilizzo di questo antico meridiano in tempi così tardi può essere dovuta al fatto che questa è l'ottava edizione di un originale assai più vecchio.



Fig. 3 – Senza data [ca.1860] - Titolo: **ITALIA CENTRALE**: Romagne, Marche, Umbria e Sabina da Marmocchi, **GEOGRAFIA UNIVERSALE** - Editore: (Calcolitografia Fratelli Doyen, Torino) - Meridiano: Parigi - Collezione Studium Urbis.

Questa carta mostra l'ultima parte dello Stato Pontificio (contorni in giallo) non ancora conquistato dallo stato Italiano, e corrispondente alle cinque province attorno a Roma. Sul margine superiore si legge "Longitudine dal Meridiano di Parigi".

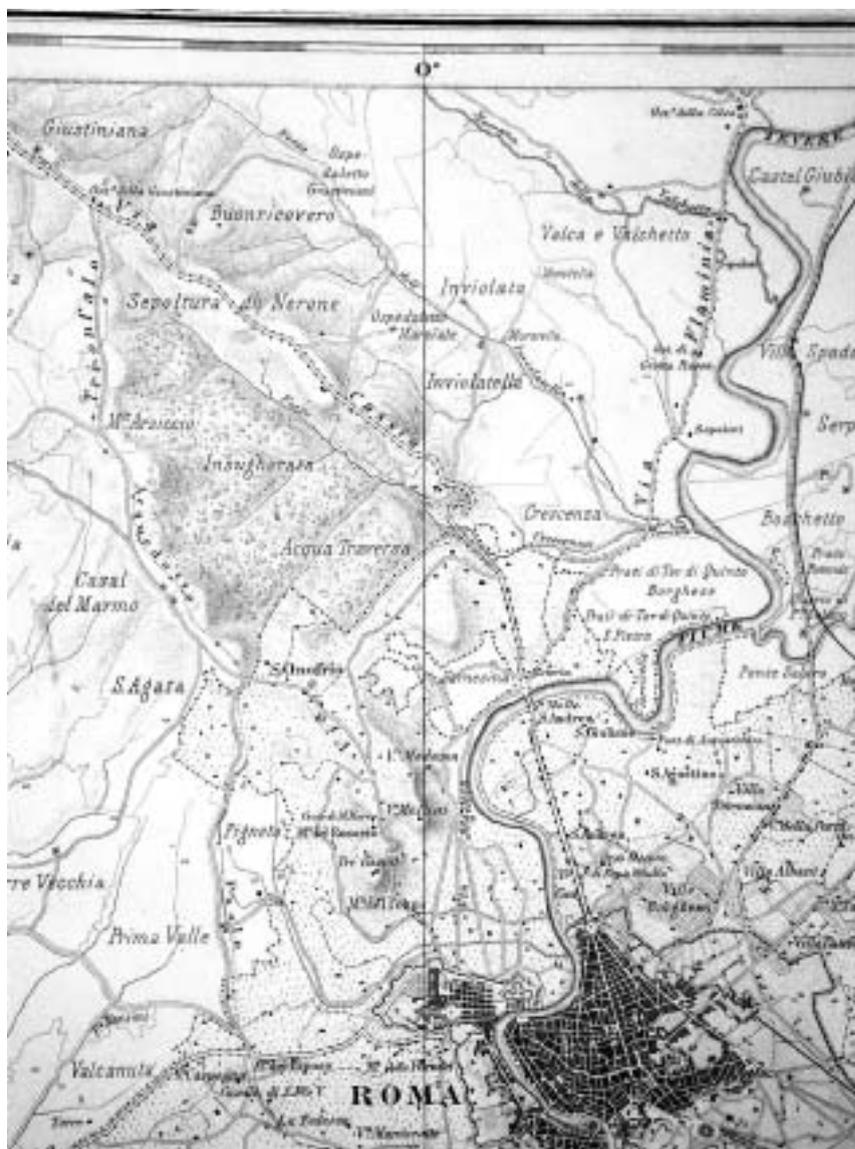


Fig. 4 – 1863 - Titolo: CARTA TOPOGRAFICA DI ROMA E COMARCA (foglio centrale di 9 fogli) - Editore: Ufficio del Censo, Roma - Meridiano: Roma: cupola di S. Pietro - Collezione Studium Urbis.



Fig. 5 – 1863 - Particolare della Fig. 4.



Fig. 6 – 1920 - Titolo: **ITALIA CENTRALE POLITICA** - Tavola 15 dal: G.Pennesi, **ATLANTE SCOLASTICO**, 1920 - Editore: G.B. Paravia, Milano - Meridiano: Roma: Monte Mario - Collezione Studium Urbis.

Questo atlante scolastico di vasta diffusione rimase immutato nelle successive edizioni su un arco di tempo di più di 22 anni, dal 1898 al 1920 ed oltre, testimoniando l'uso del Meridiano di Monte Mario nell'insegnamento della geografia nelle scuole italiane.



Fig. 7 – 1950 - Titolo: **COMACCHIO** (Foglio 77) - Editore: Istituto Geografico Militare, Firenze (IGM) - Scala: 1:100.000 - Meridiano: Roma: Monte Mario - Collezione Studium Urbis.

In questa mappa il Primo Meridiano ($0^{\circ} 00'$) attraversa il delta del Po intersecando due delle sue diramazioni, Po delle Tolle e Po della Pila, e passa per la piccola cittadina di Fondin.



Fig. 8 – Titolo: **Italia 1:100.000** (Tav.16) - Editore: Istituto Geografico Militare, Firenze (IGM) - Fotocopia della Tav. 16 dal: Istituto Geografico Militare, *Catalogo delle Pubblicazioni*, Firenze: 1972 - Meridiano: Roma: Monte Mario.

Questa immagine è un quadro d'unione dei fogli al 100.000 per tutto il territorio italiano tutte basate sul Primo Meridiano d'Italia (Roma: Monte Mario).

LE MERIDIANE NELLA CHIESA

Il tracciamento di una linea meridiana collegata con uno gnomone (uno stilo, un obelisco, o un foro stenopeico) consente la determinazione dell'istante del mezzogiorno locale, cioè del momento in cui è trascorso tanto tempo dall'alba quanto ne manca al tramonto. Inoltre la posizione dell'ombra dell'estremo dell'obelisco al mezzodì, o quella dell'immagine stenopeica consentono la determinazione della declinazione del Sole e quindi delle stagioni e delle feste mobili legate alla Pasqua.

Celebri sono le meridiane di Toscanelli (1467) a Santa Maria del Fiore a Firenze, ripristinata nel 1755 dal gesuita Leonardo Ximenes, e che funziona solo attorno al solstizio d'estate; quella di Cassini (1655) a San Petronio a Bologna; quella di De Cesaris (1786) nel Duomo di Milano; quella dell'Abate Piazzini nella Cattedrale di Palermo (1801). A Roma abbiamo la grande meridiana di Santa Maria degli Angeli e dei Martiri, voluta da Papa Clemente XI e realizzata nel 1702 dall'astronomo e canonico Francesco Bianchini, l'obelisco Vaticano a Piazza San Pietro (1817), quello che fu già della meridiana di Augusto al Campo Marzio (ora in Piazza di Montecitorio) e le celebri meridiane a riflessione di Padre Emmanuel Maignan (quella del 1641 nel convento dei Minimi a Trinità dei Monti, e quella del Palazzo Spada). La Torre dei Venti in Vaticano fu realizzata dal domenicano Egnazio Danti nel 1580, che a Firenze aveva cominciato i lavori per fare una meridiana nella chiesa di Santa Maria Novella e successivamente costruì la prima delle celebri meridiane di San Petronio a Bologna e nella biblioteca dei Domenicani sempre a Bologna. Oggi i fori gnomonici di Santa Maria Novella sono stati ripristinati, ed i raggi del Sole tornano ad indicare gli equinozi ed il solstizio d'Inverno, mentre dal rosone un altro foro proietta quotidianamente l'immagine stenopeica del Sole sul pavimento. In Francia è celebre lo gnomone della chiesa di Saint-Sulpice a Parigi su progetto di Langnet de Gergy e Le Monnier (1743).

Vediamo come poter fruire anche dal punto di vista storico-scientifico di questi strumenti che rappresentano il meglio della tecnologia al tempo della loro costruzione, ed anche dell'arte.

La passione per la gnomonica è trasversale a tutte le occupazioni e alle diverse formazioni culturali, troviamo persino Papi e Santi, come sovrani dell'Oriente, tra i cultori della materia.

Il papa dell'anno mille, Silvestro II il francese Gerbert d'Aurillac, costruì un horologium a Magdeburgo, menzionato dallo storico Tietmaro, oltre ad averci trasmesso l'uso dell'astrolabio e dei numeri indoarabici appresi nei suoi studi condotti nella catalogna mozarabica.

Gran parte dei suoi scritti sono pubblicati nel volume 139 della Patrologia Latina.

Prima di lui dobbiamo a Beda il Venerabile (PL 90) studi astronomici sul calendario che hanno introdotto definitivamente nel VIII secolo la cronologia di Dionigi il Piccolo (VI secolo) centrata sulla nascita di Cristo.

In Corea il re Sejong il grande, XV secolo, che inventò l'hangul, l'attuale alfabeto coreano, progettò diverse meridiane a emisfero che davano l'ora nel paese. Egli inventò anche un misuratore del livello dei fiumi, e degli strumenti musicali, cosa che lo rende sorprendentemente simile al papa dell'anno mille, che era anche costruttore di organi.

Gregorio XIII promosse gli studi della commissione sul calendario, di cui Egnazio Danti faceva parte, studi che approdarono alla riforma del 1582.

Anche San Pio X, Giuseppe Sarto, papa dal 1903-1914, aveva realizzato con competenza delle meridiane quando era parroco.

Fino a tutto il settecento, non è possibile distinguere tra dilettantismo e professione di scienziato. I cultori delle varie materie scientifiche e letterarie a quel tempo si potevano ben definire dei polimati.

Inoltre spesso si trattava di ecclesiastici, come è il caso di Egnazio Danti e di Francesco Bianchini.

È solo dopo la rivoluzione francese che la figura dello scienziato ateo è diventata qualcosa di più di un topos letterario, alimentato anche da letture faziose del caso Galileo, ed oggi è luogo comune considerare due ambiti inconciliabili tra loro quello della scienza e quello della fede.

Riscoprire questi grandiosi strumenti scientifici proprio nelle chiese può aiutare anche a considerare meglio il rapporto scienza-fede nel corso della storia.

1. Determinazione del mezzodì con l'obelisco Vaticano

Il mezzodì, o mezzogiorno locale, è il momento in cui il Sole raggiunge la massima altezza sull'orizzonte ed è equidistante dall'alba e dal tramonto. Si ha ancora a disposizione metà giornata di luce fino al tramonto.

L'ombra di un obelisco può essere molto grande e non sempre a occhio è facile determinare l'istante in cui la linea meridiana biseca esattamente l'ombra (che è in movimento). Si possono invece misurare gli istanti in cui il Sole resta eclissato e riemerge dal corpo dell'obelisco. In tal caso occorre che l'occhio, oppure l'obiettivo di una videocamera, o un telescopio opportunamente filtrato, si trovi esattamente sulla linea meridiana.

Comunque anche osservando l'ombra che incede sui sanpietrini è possibile individuare l'istante del mezzogiorno locale con una precisione migliore di un minuto.



Fig. 1 – Transit del Sole al meridiano da Piazza San Pietro, 5 febbraio 2005.

2. Determinazione degli azimut conoscendo l'istante del mezzodì

2.1 L'esempio di Piazza San Pietro

La meridiana sistemata *per la pubblica utilità* a proprie spese da Pietro Iaccarino, curatore della Fabbrica di San Pietro, nel 1817, non giace

sull'asse di simmetria della piazza. Infatti il 5 febbraio 2005 l'asse di simmetria è stato attraversato dal centro dell'ombra dell'obelisco circa 5 minuti e 42 secondi prima della linea meridiana. C'è dunque una differenza di $1^{\circ} 26'$. Dunque l'asse di simmetria di Piazza San Pietro, che contiene le due fontane e l'obelisco, ha un azimut (angolo misurato a partire dal Nord in senso orario) di $178^{\circ} 34'$ (il Sud è 180°), ossia è ruotato rispetto al Sud di $1^{\circ} 26'$ verso Est facendo perno sull'obelisco stesso.

2.2 L'esempio al Duomo di Milano

La meridiana a foro stenopeico del Duomo di Milano, per i lavori di restauro in corso sulla facciata esterna, temporaneamente non è in funzione nei mesi invernali, tuttavia nello stesso periodo, un foro accidentale situato nella vetrata meridionale più alta della prima campata occidentale, quella all'ingresso sotto cui si trova la meridiana, produce un'immagine stenopeica del Sole che consente la misura precisa dell'azimut dell'asse minore del Duomo.

Rispetto al mezzogiorno locale, infatti, l'immagine stenopeica del Sole si è allineata con l'asse minore con un ritardo di 97.8 secondi il 9 febbraio 2006 che equivale a $23.6'$ verso Ovest e 99 secondi il 26 febbraio 2006, ritardo corrispondente ad un angolo di $24.5'$, ovvero un azimut medio di $180^{\circ} 24'$ con un'incertezza inferiore al minuto d'arco.



Fig. 2-3 – Il foro stenopeico accidentale nell'immagine a sinistra e nelle altre tre immagini il progresso dell'immagine solare sulla vetrata opposta. Foto del giorno 26 febbraio 2006.



Fig. 4-5 – Il Duomo è allineato con i punti cardinali meglio di quanto lo sia Piazza San Pietro.

2.3 All'interno delle Chiese con meridiana

L'immagine solare proiettata sul pavimento di una chiesa favorisce l'individuazione dell'istante del mezzodì poiché è ben visibile in quanto il contrasto è generalmente buono. A Santa Maria degli Angeli, sulla Linea Clementina, è possibile determinare gli istanti del contatto dei lembi solari con la linea meridiana con una precisione meglio di un secondo.



Fig. 6 – Sole alla stessa declinazione di Sirio nel 1702, il 4 febbraio 2005 (Roma, S. Maria degli Angeli).

Meno precisione si ottiene al convento di Trinità dei Monti a causa della grandezza dello specchio che supera del doppio le dimensioni che avrebbe l'immagine del Sole sulla linea meridiana generata da un foro stenopeico puntiforme posto proprio dov'è lo specchio.



Fig. 7 – Transitò del Sole per la linea meridiana del P. Maignan a Trinità dei Monti l'11 febbraio 2005 a quasi 35° sopra l'orizzonte, oltre 5 ore (5h 20m) dopo l'alba, e quasi 19 ore (xix) dopo il tramonto precedente, nel segno dell'Acquario ♉.

3. La taratura delle meridiane

Questo è un altro aspetto della precisione delle meridiane, ovvero se l'istante in cui la linea meridiana biseca l'immagine del Sole, o l'ombra dell'obelisco, sia esattamente il mezzodì locale. Lo si può verificare controllando gli istanti misurati con le effemeridi per quel luogo calcolate mediante l'equazione del tempo. La differenza è dovuta ad una leggera inclinazione della linea rispetto alla direzione nord-sud.

La meridiana di Santa Maria degli Angeli, ad esempio, era in ritardo rispetto al mezzodì vero al solstizio di inverno 2005 di circa 20 secondi, il ritardo tende a decrescere man mano che si va verso il solstizio d'estate e valeva 9.6 secondi il 17 marzo 2006.

Questi due dati implicano una deviazione media dal vero Nord della linea Clementina di quasi $5'$ verso Est. Tuttavia bastano spostamenti locali di qualche millimetro dalla rettilineità per dare variazioni di qualche secondo nel tempo di transitò misurato sulla linea.

Rilevamenti col teodolite fatti nel 1976 sulla meridiana del Duomo di Milano hanno misurato le piccole variazioni locali rispetto al Nord celeste lungo tutta la linea meridiana (al massimo di 6.8 mm verso Est),

responsabili di un ritardo massimo di 3 secondi rispetto al mezzodì vero. Questo ritardo non è dovuto alla deviazione media della linea, ma da fluttuazioni locali dell'allineamento.

4. Misure temporali a Santa Maria degli Angeli

Più di tre secoli fa, quando la meridiana di Santa Maria degli Angeli era il “Monte Palomar” del XVIII secolo, la sincronizzazione degli orologi era fatta osservando le stelle. L'orologio di riferimento era quindi la rotazione terrestre, responsabile del moto del cielo delle stelle fisse. Oggi abbiamo i segnali campione dell'orologio atomico dell'Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris di Torino, a cui riferirsi anche per le misure astronomiche.

Nel Settecento gli orologi a pendolo garantivano un tempo meccanico di riferimento assai preciso.

I dati pubblicati da Francesco Bianchini nel suo trattato sullo Gnomone Clementino mostrano come il pendolo che usavano nelle osservazioni astronomiche in Basilica aveva un ritmo tale da perdere al massimo 1 secondo al giorno.

I moderni orologi al quarzo a causa delle variazioni della temperatura di esercizio o del processo di invecchiamento del cristallo presentano tutti una simile tolleranza, ma devono essere continuamente controllati con i segnali campione per avere una sincronia affidabile.

5. Fenomeni quantistici in Basilica

Due fattori limitano la precisione temporale della determinazione di un transito al meridiano.

Il primo è dovuto alla turbolenza atmosferica.

Il foro si comporta come un piccolo camino da cui l'aria esce d'inverno o entra d'estate. La turbolenza generata da questo flusso d'aria si manifesta in vortici di dimensioni pari o inferiori a quelle del foro, 1.5 cm, e velocità attorno ai 30 cm/s. Ciò genera delle vibrazioni anche globali dei bordi dell'immagine ben visibili anche ad occhio nudo.

Questo fenomeno è stato misurato in dettaglio con riprese video proprio quest'anno con un esperimento denominato Pinhole Solar Monitor, condotto da me all'Università di Roma “La Sapienza”.

Il secondo effetto che limita la precisione temporale delle immagini è puramente quantistico ed è dovuto al famoso principio di indeterminazione. Queste ragioni limitano a circa 3 decimi di secondo la precisione

sulla determinazione dell'istante del transito al meridiano, anche con le migliori riprese video.

Mentre la componente quantistica non si può eliminare senza aumentare il diametro del foro, quella di turbolenza si può limitare tappando il foro con un filtro. A Santa Maria degli Angeli abbiamo posto un filtro Kodak Wratten 25A di colore rosso per bloccare l'effetto camino, con il risultato di misurare transiti con accuratezza temporale massima, *quantum limited*.

Questa soluzione fu adottata nella meridiana dell'Abate Piazzì nella cattedrale di Palermo (1802), dove il foro stenopeico è alloggiato in una nicchia chiusa da una porticina di vetro. Oggi però lo stucco di questo vetro ostruisce l'ingresso ai raggi solari dall'8 novembre al 3 febbraio compresi, ed occorre ripristinare la trasparenza di questo vetro se si vuole tornare ad osservare il solstizio d'Inverno con questo splendido strumento.

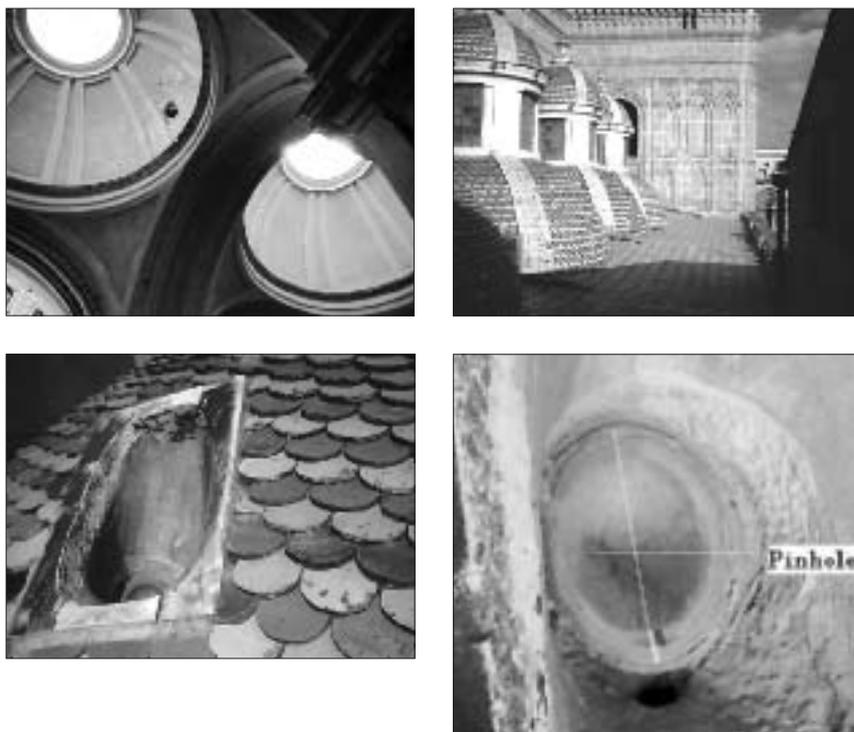


Fig. 8-11 – Interno ed esterno del foro stenopeico della meridiana della Cattedrale di Palermo.

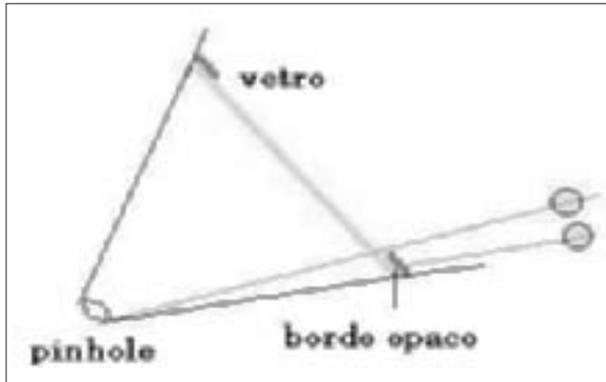


Fig. 12 – Cattedrale di Palermo, foro stenopeico della meridiana dell'Abate Piazzì: schema dell'ostruzione che ne impedisce il funzionamento al solstizio d'Inverno.

6. Misura della deviazione dal vero Nord della Linea Clementina di Santa Maria degli Angeli a Roma

Lungo tutta la linea esistono delle deviazioni dalla rettilineità che non superano i 5 millimetri, deviazioni che sono inferiori a quelle della meridiana del Duomo di Milano, nonostante i molti restauri che la Linea Clementina ha subito negli anni. Queste piccole deviazioni sono riasunte nel grafico seguente.

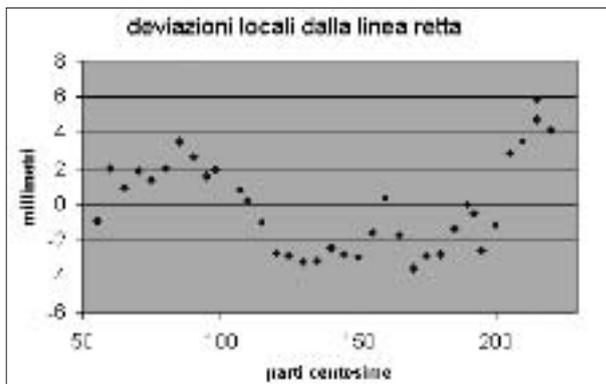


Fig. 13 – Deviazioni dalla rettilineità della Linea Clementina. In ascissa le unità sono di 20.34 cm, così che 200 corrisponde a 40.68 m dal piede della Verticale del foro. Le deviazioni positive sono verso Est.

La deviazione globale dal Nord emerge dal confronto dei ritardi sul passaggio al meridiano osservati in tutte le date dell'anno. Il grafico successivo mostra come questi ritardi siano compatibili con una deviazione media di 4' 45" ("andamento teorico" in figura).

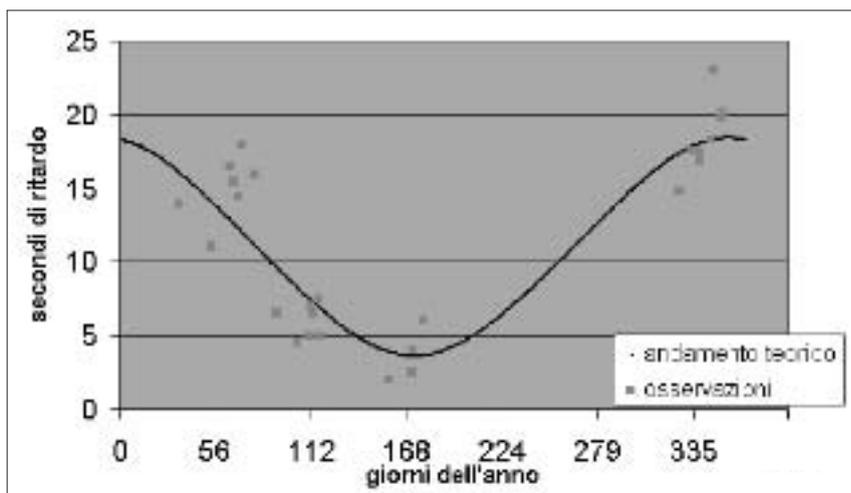


Fig. 14 – Andamento Stagionale del ritardo del passaggio del Sole sulla Linea Clementina rispetto alle effemeridi.

I risultati definitivi di questo studio saranno pubblicati sul sito web della Basilica di Santa Maria degli Angeli quando le misure saranno completate.

Sul pavimento si trovano ancora le testimonianze sull'orientamento della meridiana boreale, relativa alla stella Polare, che stranamente non è parallela a quella australe di cui abbiamo discusso fin'ora, ma non è nemmeno questa orientata correttamente a Nord, restando ancora più di 2' di differenza.

La ragione di questo errore di costruzione sull'orientamento sia della meridiana australe che di quella boreale, rimane, al momento attuale, ancora un enigma.

7. Misura della rifrazione astronomica a Roma e a Bologna

A Santa Maria degli Angeli, attorno al solstizio in Capricorno, il Sole appare 2 minuti d'arco più alto di quanto non sia in realtà (che corrispondono a 7 cm di spostamento verso Sud del centro immagine) rispetto alla posizione che assumerebbe in assenza dell'atmosfera. Questo spostamento si riduce via via che ci si avvicina al solstizio del Cancro.

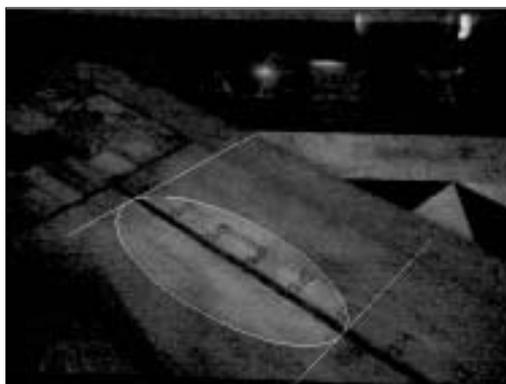


Fig. 15 – Sole al solstizio d’Inverno in Capricorno, 23 dicembre 2004. In assenza di atmosfera l’immagine si troverebbe più spostata verso i numeri alti di 7 centimetri, che corrispondono ad $1/3$ della distanza tra un centesimo e l’altro della scala riportata sulla sinistra della linea meridiana, ed indicati dai numeri 216, 217...

Usando la meridiana di San Petronio a Bologna Cassini pubblicò la prima tabella di correzione della posizione osservata del Sole per ottenere le reali coordinate astronomiche non affette dalla presenza dell’atmosfera.

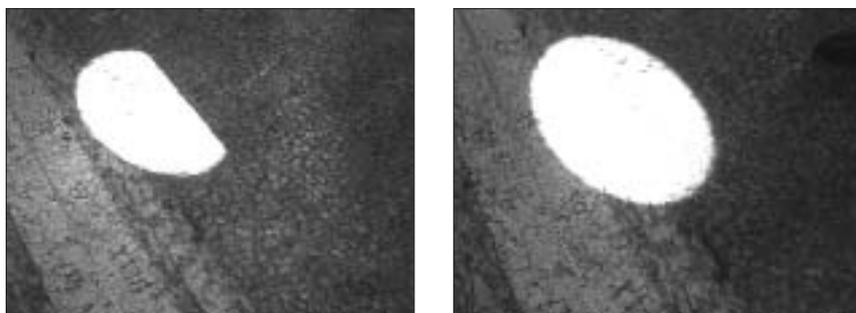


Fig. 16-17 – L’immagine del Sole attraversa la linea meridiana di San Petronio a Bologna alle 12:26:44 del 2 marzo 2005, 17 ore 26 minuti ed 11 secondi dopo il precedente tramonto.

Secondo lo stile italiano di contare le ore, la prima ora del giorno iniziava mezz’ora dopo il tramonto. Sulla linea meridiana di Bologna possiamo verificare anche che il tramonto non è quello realmente osservato, ma quello calcolato in assenza di rifrazione atmosferica. Infatti l’immagine solare si avvicina alla linea meridiana tra 58 e 59 minuti dopo le ore XVII italiane, mentre se considerassimo il tramonto reale (ore

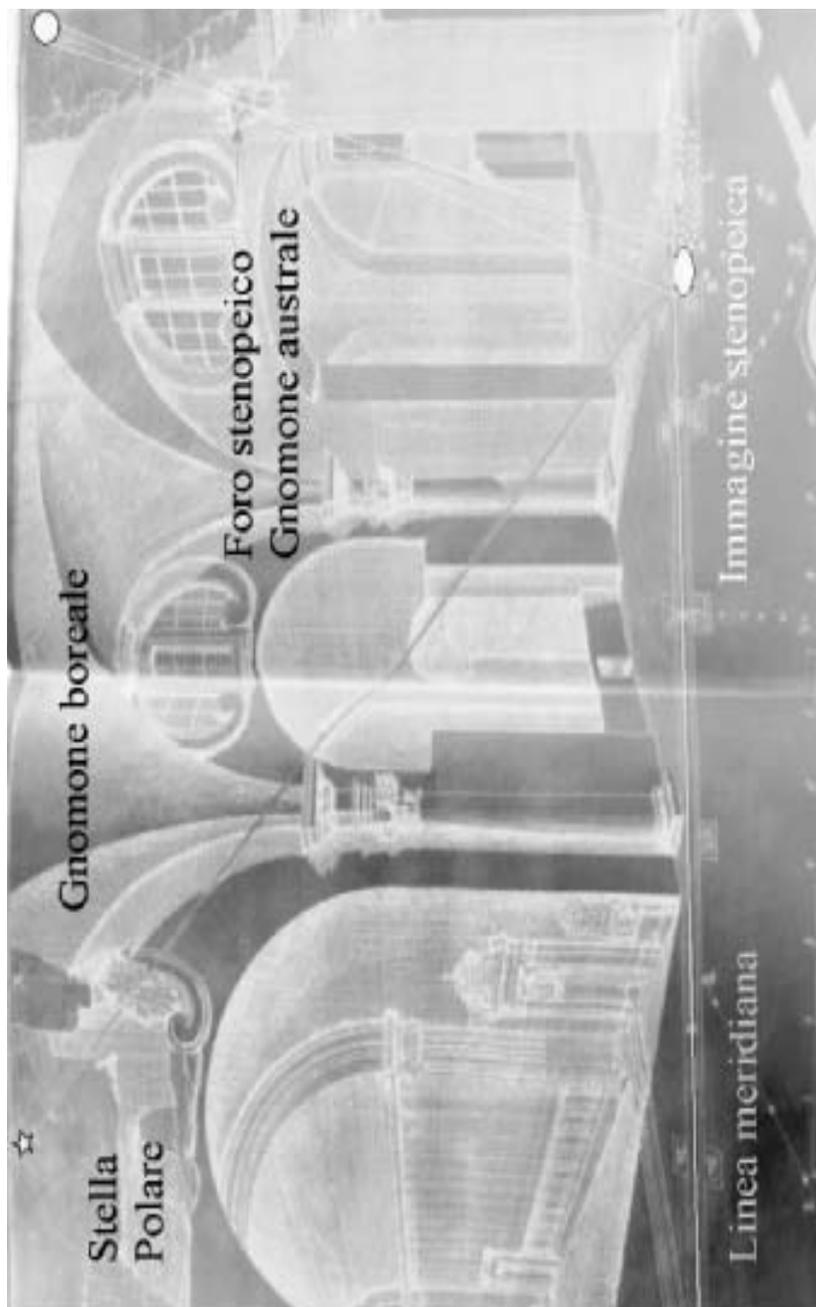


Fig. 18 – Gnomone boreale ed australe a Santa Maria degli Angeli, Roma.

18:00:33 del 1 Marzo 2005) sarebbero, al mezzodì, le XVII e 56 minuti. Gli oltre 2 minuti di differenza indicano che le ore italiane erano basate su calcoli astronomici, e sul tramonto geometrico.

Le campane dell'Ave Maria e dell'Angelus seguono ancora queste ore determinate dal Sole, pur adattandosi all'ora civile.

8. Misura dell'inclinazione dell'eclittica

Questo parametro è l'inclinazione dell'asse terrestre sul suo piano orbitale. A causa delle perturbazioni gravitazionali dei vari pianeti agenti sulla Terra questo parametro varia lentamente nei secoli.

Oggi vale $23^{\circ} 26'$, mentre 2000 anni fa valeva $23^{\circ} 50'$.

Sulle grandi meridiane questo corrisponde ad una differenza di alcuni centimetri sulla posizione dell'immagine solare ai Solstizi.

Questa differenza è misurabile a patto di avere la garanzia che lungo i secoli lo strumento sia rimasto assolutamente stabile.

Questo le mura quasi bimillinarie di Santa Maria degli Angeli a Roma lo garantivano, ed è proprio per questa ragione che Francesco Bianchini la scelse come sede della grande meridiana.

9. L'immagine del Sole: posizioni e dimensioni caratteristiche

La situazione a Santa Maria degli Angeli, ce la mostra una riproduzione a falsi colori della stampa originale del Bianchini.

Nella figura seguente abbiamo lo schema di ciò che, con differenti proporzioni ed angoli, accade nella Cattedrale di Palermo. L'immagine del Sole è sempre ellittica (poiché da noi il Sole non diventa mai perpendicolare al pavimento) e le sue dimensioni vanno da un massimo nel solstizio in Capricorno ad un minimo nel solstizio del Cancro.

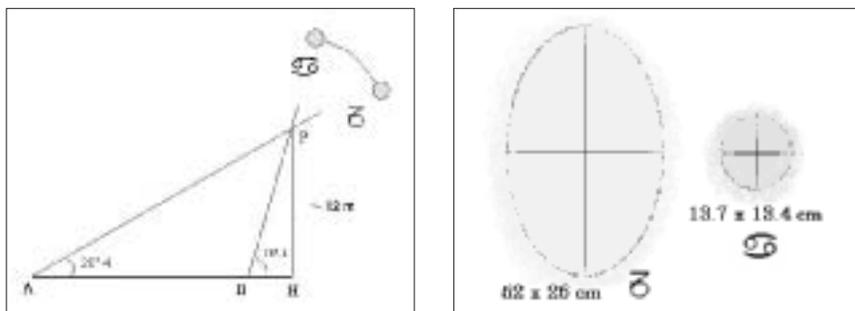


Fig. 19-20 – Altezze del Sole al meridiano e corrispondenti immagini stenopeiche ai solstizi nella Cattedrale di Palermo.

Bisogna ancora considerare che l'immagine ha un bordo di penombra che ha le dimensioni del foro stenopeico, quindi le dimensioni vanno aumentate tutte di 1 cm da ogni lato.

10. Come si forma l'immagine e quale percorso segue

Ogni punto del foro produce un'immagine capovolta "di ciò che è all'esterno", con la destra e la sinistra scambiate tra loro. E' l'effetto camera oscura, costituita dalla Chiesa con il suo pavimento che fa da schermo. Questo è il motivo per cui il Sole attraversa la linea meridiana da sinistra a destra (mettendosi con le spalle al foro) e tracciando un piccolo arco che ha la concavità rivolta verso il Capricorno ed il minimo proprio sulla linea meridiana. I giorni degli equinozi, poiché il Sole si trova su un cerchio massimo del cielo di cui noi siamo il centro, proietta i suoi raggi su una linea retta. In primavera ed in estate l'archetto ha la concavità rivolta verso il Cancro (fig. 22). Comunque, con le spalle al foro, davanti abbiamo il Nord e a destra l'Est, e poiché il Sole sorge dall'Oriente, mentre la sua immagine attraversa la meridiana venendo da Occidente, verifichiamo le leggi di ribaltamento dell'immagine nella camera oscura.

La meridiana di Augusto a Campo Marzio a Roma aveva proprio questi tracciati sul pavimento dove proiettava l'ombra. Oggi quella meridiana è in Piazza di Montecitorio, ma è stata ripristinata solo la linea meridiana, senza più l'indicazione dei tracciati della punta dell'obelisco ad ore diverse dal mezzodì. Augusto, che era nato il 23 settembre del 63 a. C., il gior-

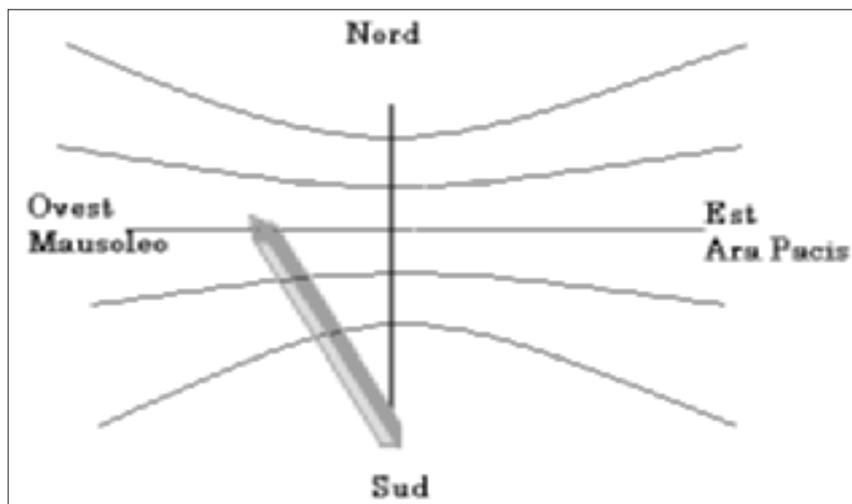


Fig. 21 – Schema della Meridiana di Augusto.

no dell'equinozio d'autunno, aveva posto l'Ara Pacis all'estremo oriente della retta percorsa dalla punta dell'obelisco agli equinozi. Oggi l'Ara Pacis è stata ricostruita in una posizione diversa dall'originale che era tra via del Corso e San Lorenzo in Lucina. Anche la meridiana di Piazza San Pietro in Vaticano ha solo la linea meridiana.

11. Conclusioni

Quando andate a visitare le grandi Chiese con le meridiane, una parte del divertimento sta anche nell'usare metro e cronometro, per fruire a pieno dell'aspetto quantitativo-scientifico di questi venerandi strumenti astronomici.

Spesso l'immagine del Sole, come l'ombra di un obelisco, è visibile anche prima o dopo il mezzogiorno locale, consentendo misure sull'immagine altrettanto interessanti, tra le quali, abbiamo visto, ci sono anche le fluttuazioni quantistiche determinate dalle turbolenze vicino al foro stenopeico.

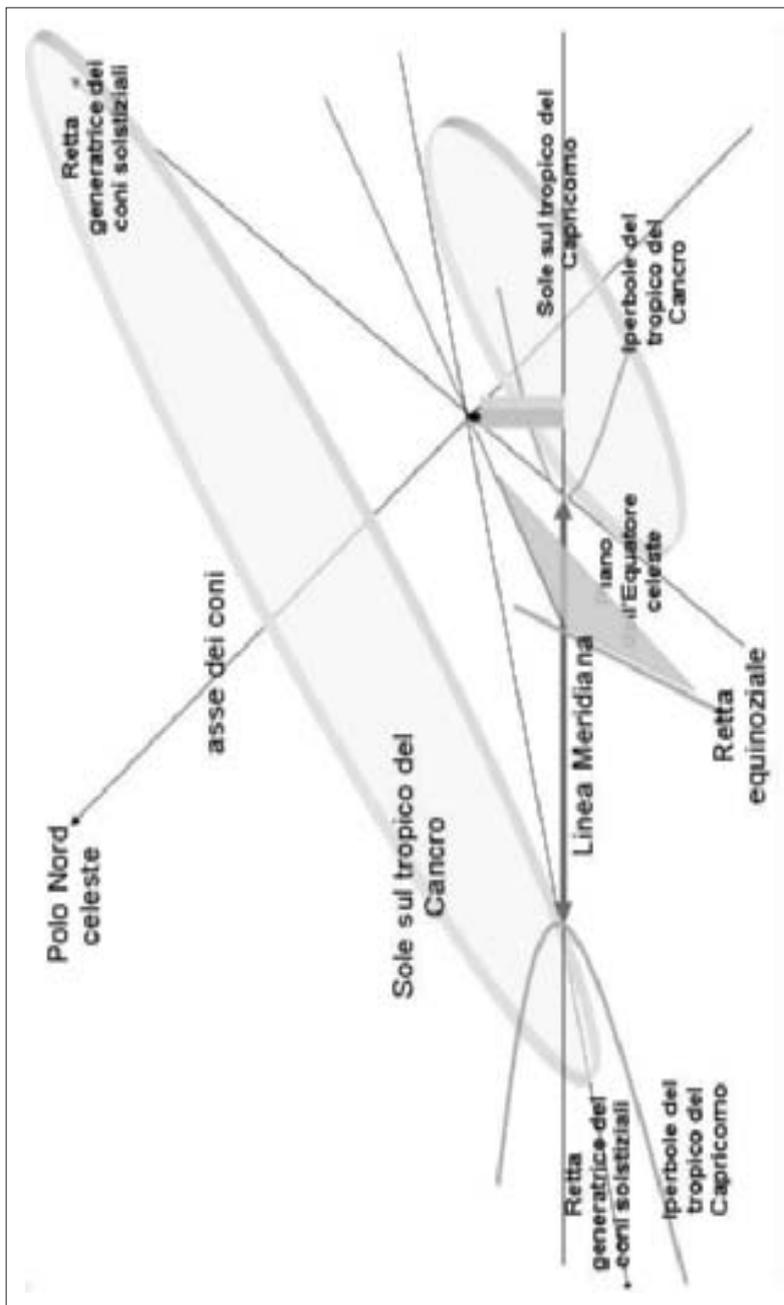


Fig. 22 – Tracce dei percorsi dell'ombra di un obelisco, equivalenti a quelli dell'immagine solare nelle meridiane dentro le Chiese.

BIBLIOGRAFIA

- S. BARTOLINI, *I fori gnomonici del Danti in S. Maria Novella*, Firenze (2006).
- C. SIGISMONDI, *Calcolo delle Effemeridi*, in <http://www.santamaria-degliangeliroma.it/> menù La Meridiana (2006).
- J. L. HEILBRON, *Il Sole nella Chiesa*, Ed. Compositori, Bologna (2005).
- M. CATAMO e C. LUCARINI, *Il Cielo in Basilica*, Ed ARPA Agami, Roma (2002).
- G. PALITRINIERI, *La meridiana della Basilica di S. Petronio in Bologna*, Inchiostri Associati editore, Bologna (2001).
- C. FERRARI DA PASSANO, C. MONTI, L. MUSSIO, *La meridiana solare del Duomo di Milano*, Veneranda Fabbrica del Duomo di Milano, Milano (1977).
- AA.VV. *Il Sole nella Chiesa: Cassini e le grandi meridiane come strumenti di indagine scientifica*, GIORNALE di ASTRONOMIA, Vol. 32 n. 1 (2006).
- M. ROGUE, *Le gnomon de l'église Saint-Sulpice*, Paroisse Saint-Sulpice, Paris (2006).

LA BASE GEODETICA DELLA VIA APPIA ED IL MISTERO DELL'ESTREMO SCOMPARSO

Verso la metà del XVIII secolo P. Ruggero Boscovich, illustre scienziato gesuita del Collegio Romano, ricevette l'incarico da parte di papa Benedetto XIV di misurare la lunghezza dell'arco di meridiano tra Roma e Rimini. Lo scopo primario dell'impresa era di contribuire alla determinazione della forma della Terra, a fronte della nuova teoria della gravitazione di Newton, confrontando la lunghezza di un grado di meridiano misurato a diverse latitudini. Simili misurazioni erano infatti già state condotte, per conto dei Re di Francia, Spagna e Norvegia, da astronomi inviati in regioni equatoriali e polari.

Le misurazioni topografiche erano allora interamente basate sul metodo della *triangolazione*¹ introdotta da Snellius² nel 1617, in considerazione del fatto che risultava assai più facile la misurazione di angoli che la misurazione diretta di distanze.

Naturalmente, l'impresa affidata a Boscovich avrebbe inoltre contribuito a migliorare la qualità della cartografia dello Stato Pontificio. La campagna di misurazioni geodetiche iniziò nel 1751 e fu condotta direttamente da Boscovich con l'ausilio del gesuita Cristoforo Maire (1697-1767) allora rettore del Collegio Inglese in Roma. La rete di triangolazioni adottava, per volontà esplicita del Papa, come punto trigonometrico fondamentale, la sommità della cupola di San Pietro. I due gesuiti trovarono però questa sede particolarmente disagiata in considerazione

* Astronomo dell' Istituto Nazionale di Astronomia (battinelli@oahp1.rm.astro.it)

¹ Il metodo della triangolazione permette di determinare la distanza tra due punti **A** e **B** sul terreno costruendo una catena di triangoli congiungenti **A** e **B** ed aventi a due a due un lato in comune. Misurando con precisione gli angoli di ciascun triangolo, risultano determinati i rapporti delle lunghezze dei lati stessi ed è dunque possibile rappresentare *in scala* l'intera catena. Definire la *scala*, e dunque conoscere le posizioni relative dei vertici in termini assoluti, significa determinare la lunghezza fisica di un lato (**base geodetica**) di un triangolo della catena. La lunghezza della base geodetica deve essere determinata con gran precisione attraverso una misura diretta.

² W. Snell (Snellius): *Eratosthenes batavus. De terrae ambitus vera quantitate, Leiden 1617*

anche della pesante strumentazione necessaria alle misurazioni. Pertanto, essi di fatto utilizzarono come riferimento il centro della sala del Museo al Collegio Romano, per poi riportare le loro misurazioni alla Cupola di San Pietro.

La base geodetica venne stabilita sulla via Appia antica nel tratto tra la tomba di Cecilia Metella e le Frattocchie. Dopo tre anni di lavoro i risultati furono pubblicati nell'anno 1755 col titolo *DE LITTERARIA EXPEDITIONE PER PONTIFICIAM REGIONEM AD DIMETIENDOS DUOS MERIDIANI GRADUS ET CORRIGENDAM MAPPAM GEOGRAPHICAM JUSSU ET AUSPICIIS BENEDICTI XIV P. M. SUSCEPTA A PP. S. J. CHRISTOFORO MAIRE ET ROGERIO JOS. BOSCOVICH.* "ROMAE MDCCLV. Purtroppo questo testo, seppur ricco di molti particolari, è talvolta carente nella descrizione tecnica delle misurazioni effettuate: "In mezzo a minute, e patetiche descrizioni di pericoli e sciagure proprie ed altrui; in mezzo ad elogi di persone, e famiglie dalle quali egliono riscuotevano graziose accoglienze, in mezzo alla turba di sinistri incontri, in una parola in mezzo a tante cose estranee, o indirette all'oggetto, mancano quasi tutte quelle notizie le quali servono, o possono servire ed alla giustificazione dell'osservatore, ed al comodo dei posteri"³. Proprio a causa di questa incompletezza della descrizione dei lavori, l'opera di Boscovich fu al centro di una lunghissima querelle. Inoltre, per definire l'estremo orientale della base della via Appia (alle Frattocchie), Boscovich si contentò di seppellire una pietra in terra nei pressi di un rudere e tale segnale andò ben presto perduto.

L'Italia agli inizi dell'Ottocento risultava divisa non solo politicamente ma anche dal punto di vista della misurazione del territorio. Le triangolazioni topografiche condotte nei vari stati si raccordavano talvolta in modo poco soddisfacente nelle regioni di confine. Particolarmente rilevante era il disaccordo tra le triangolazioni condotte in Toscana da Giovanni Inghirami con quelle eseguite da Boscovich nello Stato Pontificio. Le ragioni del disaccordo vennero presto attribuite alla imprecisione di Boscovich nella determinazione del *punto trigonometrico fondamentale* e/o nella misura della *base trigonometrica*. Infatti, proprio la lunghezza della base boscovichiana era stata trovata largamente inesatta, con un errore di più di 10 metri, dai geografi francesi guidati dal Col. Coraboeuf nel corso di una campagna geodetica condotta tra il

³ G. RICCHEBACH, *Esame imparziale della triangolazione* del P. G. Ruggero Boscovich, Roma 1846

⁴ J. B. CORABOEUF, *Notice sur le Soperationes geodesiques que les ingenieurs-geographes francais executerent à Rome en 1809 et 1810* (extract du Bulletin de la Soc. De Geographie, Juin-Juliet 1853

1809 ed il 1810⁴. I geografi francesi avevano infatti ritrovato, in prossimità del sito descritto da Boscovich quale estremo delle Frattocchie, una pietra di granito marcata con una croce e sepolta a 25 cm di profondità nel mezzo della via Appia. Questa venne ritenuta dunque la posizione dell'estremo orientale della base boscovichiana.

Tutto ciò aveva comunque gettato un diffuso discredito sul lavoro di Boscovich: “...*si sono rivolte le armi contro quell’Astronomo, non mancando chi crede ch’egli abbia lasciate le cose in uno stato incerto per liberarsi appunto da un sindacato, dal quale non avrebbe che a temere.*”⁵ Così, con lo scopo di chiarire la ragione del disaccordo tra il lavoro di Boscovich e le successive misure e forse anche con la speranza di rivalutare la figura dello stimato predecessore, Giacomo Ricchebach (Figura 1), canonico ed astronomo al Collegio Romano, pensò di rideterminare – a sue spese - la lunghezza della base della via Appia.



Fig. 1 – Ritratto di Giacomo Ricchebach (1776 – 1841). Litografia di Michele Danesi in: G. RICCHEBACH, *Esame imparziale della triangolazione del P. G. Boscovich., Memoria postuma.... Roma 1846.* (Roma, Biblioteca Casanatense, G.II.103. CC).

Egli ricercò il termine di Boscovich partendo da un'altra base di 1080 metri misurata precedentemente da Conti e Calandrelli fuori di

⁵ G. RICCHEBACH, *Op. Cit.*

Porta Angelica per la triangolazione di Roma e dintorni. Attraverso una rete di triangolazioni poggiate su questa nuova base lungo la via Angelica, Ricchebach trovò che la sua misura della base della via Appia si accordava assai bene con quella di Boscovich. Ricchebach concluse dunque che la pietra trovata dai Francesi non poteva essere il termine della base di Boscovich alle Frattocchie. Le ricerche di qualche segnale lasciato da Boscovich condotte in prossimità dell'estremo determinato da Ricchebach non diedero però esito positivo. Questo lavoro non riuscì dunque a mettere la parola fine sulla questione della giustezza del lavoro di Boscovich: "... *l'operazione boscovichiana non pecca che nell'orientamento della rete, e nelle conseguenze che egli ne deduce, rimanendo esso colpevole di aver affettato silenzio in quei tratti della sua opera dove per dovere bisognava essere più leale e franco.*"⁶

Solo più tardi, un altro e ben più illustre scienziato del Collegio Romano, il gesuita P. Angelo Secchi, pensò che fosse giunto il momento opportuno per dirimere la questione. Papa Pio IX infatti aveva voluto lo scoprimento della via Appia dal quarto miglio fino all'undecimo, cioè fino all'antica Boville. I lavori di sterro vennero eseguiti dal dicembre del 1850 all'aprile del 1853. Quest'opera di ricostruzione del disegno originario della via Appia fu realizzata dal celebre Architetto Comm. Canina che invitò Secchi a determinare un'accurata descrizione topografica della Regina delle vie. Secchi accettò, rendendosi conto che "... *la presente occasione sarebbe favorevolissima alla rinnovazione della suddetta [la base di Boscovich, N.d.R.] misura.*"

Padre Secchi condusse la misurazione diretta della base della Via Appia "*cogli strumenti novellamente inventati dal sig. Porro grandemente lodati dall'Accademia delle Scienze di Parigi per la loro semplicità economia e precisione dei risultati*"⁷. Secchi è entusiasta del nuovo metodo poiché con esso vengono eliminate le principali sorgenti di errori quali i contatti tra le tese, l'uso dei fili a piombo, le viti micrometriche e la necessità di rigorosi allineamenti. Il principio è assai semplice: consiste nel collocare in linea retta sulla direzione da misurare una serie di cinque microscopi collocati su appositi banchetti. Una tesa graduata di 4 metri di lunghezza serve a prendere successivamente le reciproche distanze.

⁶ G. RICCHEBACH, Op. Cit.

⁷ A. SECCHI, *Misura della base sulla Via Appia*, Roma 1858



Fig. 2 – *L'inizio delle operazioni di misurazione della base della Via Appia presso il monumento di Cecilia Metella. Si notano i cinque cavalletti dotati di microscopio e la tesa poggiata sui primi due cavalletti. L'incisione è tratta da A. SECCHI, Misura della base trigonometrica eseguita sulla via Appia ... Roma, 1858 (Roma, Biblioteca Casanatense, L.I.73 CC).*



Fig. 3 – Sul selciato della Via Appia Antica è ancora oggi visibile la posizione del caposaldo posto da Secchi presso Cecilia Metella, scoperto nel 1999 durante scavi archeologici. (foto: T. Aebischer).

Collocata la tesa tra il primo ed il secondo cavalletto se ne legge, attraverso i microscopi, la distanza tra i due. La tesa viene spostata tra il secondo e terzo microscopio. Mentre si leggono i microscopi, il primo cavalletto viene spostato dopo il quinto e così via (Figura 2). Le operazioni sono abbastanza rapide poiché gli allineamenti orizzontali e verticali sono solo approssimativi; vengono però determinate ed annotate con estrema precisione le relative deviazioni.

Gli estremi di questa nuova misura vennero stabiliti così da coincidere, almeno approssimativamente, con quelli di Boscovich, ovvero: il primo di fronte al monumento di Cecilia Metella (Figura 3) ed il secondo alle Frattocchie in prossimità di un monumento anonimo. I due termini vennero segnati con gran cura da Secchi. Avanti al monumento di Cecilia Metella fu scavato il terreno fino ad arrivare al selce vivo della colata lavica dove fu costruito un blocco di muratura sul quale si collocò il segnale. Alle Frattocchie, purtroppo, il segnale collocato non poté essere ancorato al fondo di pietra viva non essendosi questo trovato (Figura 4). Preoccupato di quanto accaduto all'estremo boscovichiano, Secchi volle che ambedue i segnali fossero interrati sotto il livello stradale: “*Non sarebbe stato prudenza lasciare i termini visibili come si è fatto in altri paesi, perché i luoghi sono quasi affatto deserti e i pochi pecorari o vil-*

lani che vi praticano intorno, sono così avidi di ogni cosa che abbia qualche valore, che non la perdonano a nulla, e farebbero qualunque guasto e danno per rapirla. Infatti, avevamo piantato un piccol segnale nell'interno dell'ultimo monumento impiombandolo in un grosso pezzo di marmo, ma l'anno appresso non furon trovate più che le scaglie del marmo spezzato per rapirne due once al più di ottone!”⁸

La misura cominciò il 2 novembre del 1854 e si protrasse fino al 26 aprile del 1855. La quantità di cifre da scriversi sul luogo era di circa cento per ogni portata di 4 metri. La celerità delle operazioni di rilievo era però compensata dalla laboriosità dei conti necessari per la riduzione dei dati di ciascuna portata. Secchi affidò i calcoli a due “calcolatori” indipendenti “... e ciascuno dei due risultati fu controllato da uno dei due, e nei casi più dubbi da me: finalmente io stesso ho ripreso tutto da capo il confronto del lavoro onde spero che il risultato sia esatto quanto per umana diligenza può sperarsi.”⁹



Fig. 4 – *Il rudere alle Frattocchie presso cui, lungo la Via Appia Antica, Boscovich e successivamente Secchi posero il segnale dell'estremo orientale (cfr. fig. 29 pag. 83). Il segnale è oggi smarrito. (foto: T. Aebischer).*

⁸ A. SECCHI, Op.Cit.

⁹ A. SECCHI, Op.Cit.

La base di Boscovich risultò effettivamente affetta da un errore di 2.8 metri: certamente un'impresione assai significativa anche se molto minore di quanto stimato dai Francesi. Secchi in qualche modo assolve Boscovich dichiarando che: *“Le difficoltà che abbiamo incontrato noi sono state tante, che ci hanno fatto capire quante più assai ne dovesse incontrare esso, mentre la via non era pervia come adesso, onde non ci meravigliamo di trovarvi questa differenza.”*

Il mistero dell'esatta ubicazione dell'estremo orientale della base di Boscovich rimase però irrisolto. Durante i lavori di sterro della via Appia, in prossimità delle Frattocchie, venne alla luce in mezzo alla strada un grosso masso di peperino murato con della calce. Secchi pensò che quello fosse il segnale eretto dai Francesi nel termine supposto da loro come quello di Boscovich.

Poco dopo venne pubblicato l'opuscolo di Corabeuf¹⁰ dal quale si deduceva che la pietra lasciata dai Francesi era non già di peperino ma di granito e segnata con una croce incisa. Probabilmente, il blocco di peperino trovato sulla via Appia copriva il vero segnale lasciato da Boscovich. Mentre Secchi e Canina aspettavano l'occasione opportuna per indagare sulla questione *“... dovendo esser la via aperta alla circolazione pubblica, e il masso impedendo il passaggio alle carrozze, fu di privata autorità di un caporale de'cavatori levato di traverso e messo pel lungo, indi rotto e rotondato, e così segnato con gran croce lasciato in mezzo alla via, e poi finalmente gettato da un lato, onde ora tutta la certezza di quel termine riposa sui dati dell'architetto Fontana che ne misurò colla fettuccia la distanza dai punti detti sopra.”*¹¹

Ironia della sorte, l'estremo posto da Secchi alle Frattocchie, forse proprio a causa dell'impossibilità di ancorare il segnale alla colata lavica, è oggi smarrito. Tutto ciò che ci resta è la descrizione di Secchi che afferma che l'estremo fu posto di fronte ad un monumento anonimo e ben conservato. Questo rudere è ancora visibile al lato della via Appia presso le Frattocchie (Figura 4) in un ambiente alquanto degradato.

¹⁰ J. B. CORABEUF, Op. Cit.

¹¹ A. SECCHI, Op. Cit.

BIBLIOGRAFIA

- J. B. CORABOEUF, *Notice sur les operations geodesiques que les ingenieurs-geographes francais exécutérent à Rome en 1809 et 1810* (extract du *Bulletin de la Soc. De Geographie*, Juin-Juliet 1853
- G. RICCHEBACH, *Esame imparziale della triangolazione del P. G. Ruggero Boscovich*, Roma 1846
- A. SECCHI, *Misura della base sulla via Appia*, Roma, Tipografia della Rev. Camera Apostolica, 1858
- W. SNELL (Snellius), *Eratosthenes batavus. De terræ ambitus vera quantitate*, Leiden 1617

LA MIRA DEL MERIDIANO DELL'OSSERVATORIO ASTRONOMICO DEL COLLEGIO ROMANO



Fig. 1 – Ritratto di Angelo Secchi da: *Al p. Angelo Secchi nel XXV della morte Il Comitato romano*. Roma, Desclée, Lefebvre e C., 1903 (Biblioteca Casanatense, misc. 1450.6).

L'osservatorio astronomico di Angelo Secchi

“I due titanici nidi – Gesù e Collegio Romano – donde spiccarono il volo pel mondo le aquile conquistatrici di quella Compagnia che resterà una delle creazioni più rilevanti dello spirito umano”. Così scriveva il Gregorovius. Ma il “nido nel nido” era costituito dall’osservatorio astronomico del Collegio Romano dell’ultimo suo illustre astronomo: il p. Angelo Secchi. Approfittando dei suoi stessi scritti, facciamoci guidare da lui, per poi soffermarci in un particolare aspetto della sua opera: il Circolo meridiano e la “mira” sita sul colle Pincio.

Scriva Secchi:

“L’osservatorio del Collegio Romano è uno degli Istituti scientifici più riguardevoli di Roma e la sua istituzione onora il presente pontificato, noi ne tratteremo brevemente la storia e ne daremo una sommaria descrizione. Nel

Collegio Romano fino dai primi tempi della sua fondazione furono fatte osservazioni astronomiche dai professori Gesuiti che successivamente ebbero l'insegnamento matematico. Basterà tra questi citare i nomi celebri nella storia matematica de' padri *Clavio*, *Scheiner*, *Asclepi*, *Boscovich* [...], *G. Calandrelli* [...] il *P. Dumouchel* e il *P. De Vico* che ne furono successivi Direttori, sempre ebbero in vista un radicale miglioramento dell'osservatorio[...].

Il presente Direttore P. A. Secchi riassunse il progetto di *Boscovich*, modificandolo secondo i progressi della scienza, e profitto della circostanza affatto singolare della gran Chiesa di sant'Ignazio detta di sopra, che essendo fabbricata con struttura straordinariamente robusta, poteva benissimo dare luogo agli strumenti colla necessaria stabilità. Infatti questa fabbrica era destinata a reggere una cupola di 17 m di diametro, e 80 m di altezza, ma che non è stata eseguita per l'imatura morte del fondatore. Su questa pertanto nel 1853 si decise di fare il nuovo osservatorio [...].

Noi descriveremo l'osservatorio come si trova al presente, senza percorrere i vari stadi della sua successiva costruzione.

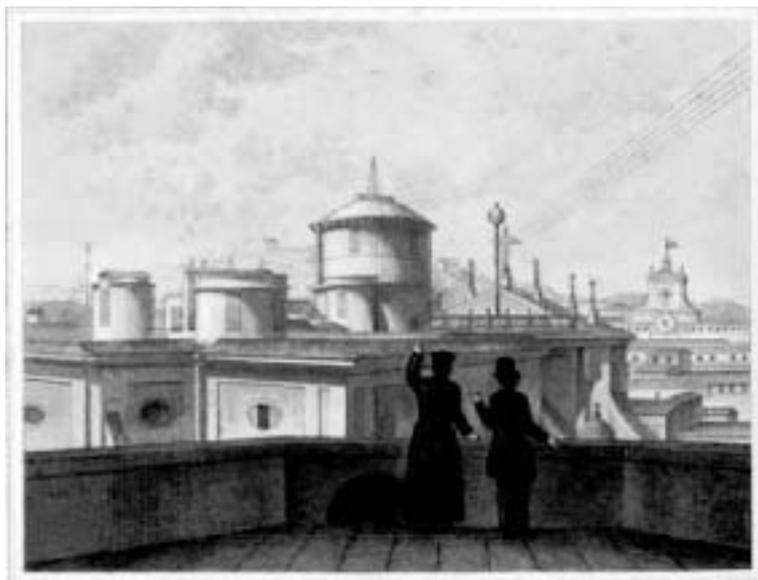


Fig. 2 – Veduta dell'osservatorio del Collegio Romano in una stampa d'epoca.

La fig. 2 mostra il complesso del corpo di fabbriche erette sulla chiesa di S. Ignazio per ricevere gli strumenti, e il punto di vista è appunto dalla torre dell'antico osservatorio.

La latitudine geografica del meridiano nel nuovo osservatorio è di $41^{\circ} 53' 54''$ e la longitudine è di $10^{\circ} 8' 25''$ Est di Parigi.

Nel mezzo torreggia la gran cupola o cielo mobile destinato a ricoverare lo strumento, principale, cioè l'equatoriale di Merz [...].

Nella fig. 3 andando a sinistra si vede la camera del meridiano di forma ellittica di 7 m 30 di lunghezza e 6.m 00 di larghezza sormontata da un attico che nasconde il tetto e gli sportelli, e il meccanismo per la loro apertura e chiusura. Il tutto è praticabile con una scala di ferro esterna che resta dalla parte posteriore della stanza.

Più oltre questa stanza è il minor cielo mobile di 4.m di diametro destinato a coprire il cannocchiale di Cauchoix, ancor esso montato equatorialmente. Ambedue questi due ultimi corpi di fabbrica sono inferiori colla loro sommità al centro dello strumento di Merz per non impedirne la vista. Dopo questo ed all'estremità della tavola si vede la piccola torricella quadrata, dell'osservatorio elettrico col suo conduttore mobile terminato a palla, e vicino a questo il conduttore fisso a punte multiple.



Fig. 3 – Circolo meridiano a sinistra e cannocchiale di Cauchoix a destra com'erano visti dall'equatoriale di Merz di cui è rappresentata la lente obbiettiva in questa ricostruzione schematica. (vedi anche figura a pag. 79)

Alla destra poi del cielo mobile o cupola principale e sulla sommità del timpano della chiesa è la grande antenna col *globo del segnale pel mezzodi* che si dà al forte di Castel S. Angelo, ove si spara ogni dì il cannone pel regolamento del tempo alla città. Questo prezioso vantaggio fu una delle prime cose istituite nel Pontificato del regnante Pio IX. In distanza si vede il campanile del Palazzo di Monte Citorio coll'orologio. [...].



Fig. 4 – Equatoriale di Merz.

La gran sala dell'Equatoriale di Merz è rappresentata fig. 4. Il suo diametro è 7 m 70. Essa è circolare e il muro di cinta posa sopra il pilone della cupola compreso il suo allargamento a pennacchio, e sui muri esterni della chiesa.

La copertura è tutta di legno a forma di cilindro sormontata da un segmento di sfera. Essa è alta al centro metri 7. 25 e gira sopra 8 palle da cannone rotanti in due canali semicircolari l'inferiore de' quali è fisso sul muro, il superiore è portato dalla parte mobile di legno. Un sistema di ruote dentate e una *cremagliera* in ferro fuso che gira tutto intorno al cerchio di base del cielo mobile servono a girare facilmente tutta la macchina.[...]

Sala del Meridiano. In questa è il Circolo meridiano di Ertel. Questo strumento fu dato all'antico osservatorio dal P. *Rothaan* nel 1843. Esso si legge coi soli nonii invece dei microscopi. Il cannocchiale è lungo, 1 m60 e i circoli sono di 0 m70 e vi si leggono i secondi a due a due. Lo strumento è collocato sopra due piloni di granito del peso di 10 mila libbre ciascuno, e murati sulla continuazione della parte centrale dell'altro pilone della cupola. L'orologio siderale è di *Dent*, e a compensazione di mercurio. Evvi inoltre un altro orologio a tempo medio che serve a regolare il tempo per il **segnale del mezzodì** che si dà a Castel Sant' Angelo. Una colonna al *Pincio* con apposita **mira** eretta dalla Ecc.ma Magistratura Romana serve ad agevolare le rettificazioni dello strumento e conoscerne la stabilità. Vi è un'apposita *macchina mobile su strada ferrata* per l'inversione dello strumento. [...]

Ma ciò che merita maggior attenzione è una singolar macchina registratrice di invenzione del direttore la quale dà in modo continuo grafico sopra fogli di carta le curve del barometro, del termometro secco e bagnato, della velocità e direzione del vento e l'ora e durata della pioggia. Questa macchina registra tutti questi elementi sullo stesso foglio di carta, onde sono comparabili i loro andamenti relativi e quindi la dipendenza mutua de' fenomeni. La maggior parte di questi è registrata mediante l'elettricità, con un sistema di pile a forza costante che durano più di un anno senza rinforzarle. L'elettricità offre il vantaggio di potere mettere gli strumenti lontano dall'osservatorio a qualunque distanza e in posizione tale che soddisfi alla miglior condizione voluta dalla scienza, e ciò è prezioso specialmente per il misuratore della velocità e della direzione del vento. L'autore ha chiamato **meteorografo** questo strumento: esso funziona dal 1852, da cui data l'invenzione del barometrografo a bilancia fatta pure dal direttore che è la base della macchina stessa...". (Cfr. A. Secchi, *Osservatorio astronomico del Collegio Romano*, in *Le scienze e le arti sotto il pontificato Pio IX*. 2. ed. Roma, stabilimento tipografico di G. Aurelj, 1863-1865.)

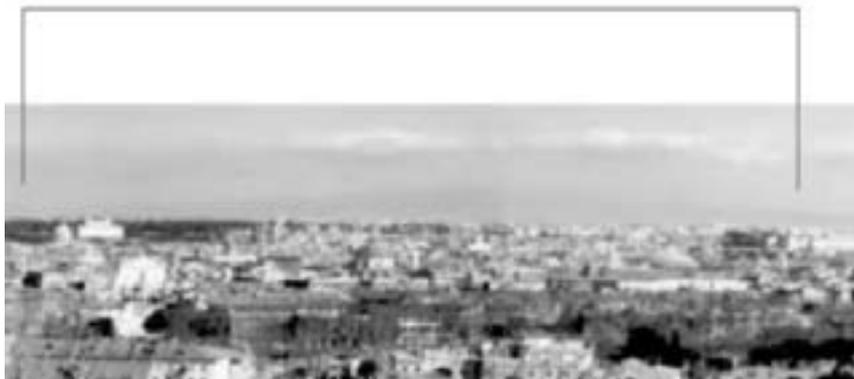


Fig. 5 – Veduta di Roma dal Pincio (sinistra) a S. Ignazio (destra).

Venendo dunque alla *mira* del meridiano ecco qui brevemente riassunte le vicende storiche che la riguardano. La sua funzione come si è visto era legata strettamente al Circolo meridiano dell'Osservatorio del Collegio Romano, lo strumento che permise al p. Secchi di misurare con accuratezza il meridiano dell'Osservatorio, ricavando i seguenti dati: latitudine geografica $41^{\circ} 53' 53'',72$, longitudine $10^{\circ} 8' 25''$ all'Est di Parigi, e di dare *l'ora del mezzodì* alla città. La mira infatti serviva "ad agevolare le rettificazioni dello strumento e conoscerne la stabilità".

1860. Il primo segnale della *mira* è costituito da un semplice cartone riprodotto tasselli bianchi/neri, fissato su di un albero situato sul colle

del Pincio, ad una decina di metri dalla Casina Valadier, e ad una distanza di 500 m in linea d'aria dal Circolo meridiano dell'Osservatorio del Collegio Romano. Poco tempo dopo la primitiva posa della *mira*, il Secchi otteneva che la Magistratura Romana Pontificia apponesse un segnale di maggiore consistenza e più consono alla dignità scientifica: una colonna con tasselli marmorei incastonati nel lato anteriore e un foro passante e nel lato posteriore due ganci per una lanterna per l'uso notturno della *mira*. A coronamento del piccolo monumento: sulla sommità della base veniva posta una armilla di marmo.



Fig. 6 – Busto del Padre Secchi al Pincio, con la mira meridiana a scacchi.

“I quadretti bianchi e neri servono a stimare immediatamente il valore dell'errore di collimazione [del Circolo Meridiano]. Di notte una lanterna, appesa dietro la lapide, mandava un raggio di luce attraverso il forellino, che si trova nel mezzo dei quadretti. Praticamente l'errore di collimazione ... suol essere piccolo, cosicchè il punto centrale della “Mira” si vede, ora un po' a destra, ora un po' a sinistra del crocicchio micrometrico, che poi mediante le viti di correzione si riporta sul punto dovuto” (Cfr.: Adolfo Müller, s.j., *Elementi di astronomia...* Roma, Desclée, Lefebvre, 1904, p. 182, nota 1, fig. 120).

Del piccolo monumento resta una preziosa documentazione fotografica dovuta alla fortunata vanità di due zuavi pontifici, i quali in quel medesimo luogo vollero farsi fotografare, donandoci così una preziosa prova della seconda fase della *mira* e meritandosi i nostri più sinceri ringraziamenti!

1878. Alla morte dell'illustre astronomo, P. Angelo Secchi (Reggio Emilia 1818 - Roma 1878) lo Stato Italiano, per interessamento di molti scienziati e politici, ma soprattutto del Ministro delle Finanze Quintino Sella, grande amico dell'astronomo gesuita, sulla *mira* veniva posto il busto dell'astronomo in sostituzione dell'armilla. Autore del busto era lo scultore Giuseppe Prinzi, che ne eseguiva due copie, la seconda veniva posta nell'atrio della Cancelleria Apostolica (dove tuttora può essere osservata), e, essendo al riparo da ogni agente atmosferico, è stata preservata da ogni danno mantenendosi in perfetto stato di conservazione.

1910: La singolarità del busto del p. Secchi (giardinetto, *mira*, scritta, foro passante, lanterna posteriore), del tutto originale rispetto agli altri busti che adornano il colle del Pincio, attirò l'attenzione anche di poeti dialettali romani, uno dei quali compose un sonetto (pubblicato a parte), segno della simpatia che l'illustre astronomo godeva anche da parte di persone semplici, non inferiore alla attenta venerazione che di lui avevano i suoi colleghi scienziati.

1960 ca.: la *mira* subisce danni che ne cancellano anche il ricordo.

2001: In occasione della commemorazione dei 450 anni dalla fondazione del Collegio Romano, proprio chi scrive ricogniziona la *mira* del Secchi, e, constatato il danno, ne ricostruisce a misura i tasselli perduti. Con l'interessamento e l'immediato permesso del dr. Alessandro Cremona, responsabile dei busti dell'area pinciana, e direttore del restauro degli stessi, il 20 settembre, 144 anni dalla prima semplice posa (1860), la *mira* del Circolo Meridiano dell'Osservatorio del Collegio Romano veniva degnamente restaurata, Secchi sorridente.

2005: oggi il p. Secchi può di nuovo *ri-mirare* la sua specola dalla *mira* restaurata, malgrado qualche arbusto esuberante, in attesa che anche l'intero complesso dell'antico Osservatorio trovi l'interessamento autorevole per il suo completo restauro, nel rispetto dell'insigne astronomo e della storia della scienza nella nostra città. Questo è, tra l'altro, il fine di questa riscoperta: sollecitare il ripristino museale di quei luoghi, non solo insigni per la scienza, ma anche panoramicamente unici sulla città di Roma.

Fin dal momento della posa nel 1860, Secchi progettò di innalzare un segnale definitivo della *mira*. Si ringrazia lo studioso Tullio Aebischer che ha ritrovato il disegno del progetto definitivo datato 15 giugno 1871, e l'Istituto Geografico Militare di Firenze, presso il quale si conserva il documento, che ha gentilmente concesso l'autorizzazione alla pubblicazione (Aut. del 24 febbraio 2004, prot. N. 320/41.1/3.4.1/73).

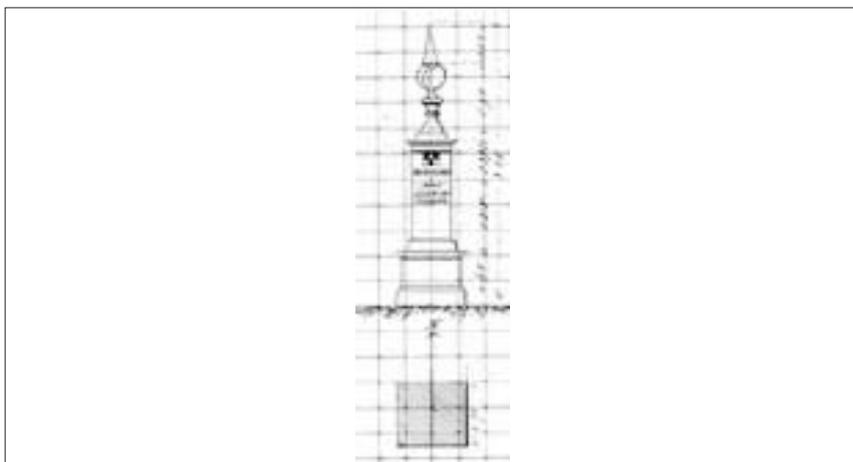


Fig. 7 – Progetto per la mira del Pincio (1871).

Per la messa in opera, nel 1860, della *mira*, Secchi si avvalese dell'aiuto del confratello Marchetti e di un suo giovane allievo, Colino Kambo, che così racconta l'impresa.



Fig. 8 – Colino Kambo, allievo di Padre Secchi.

“ Fu un bel pomeriggio primaverile, poco dopo il 1860. Andavo a diporto sul Pincio, quando m'incontrai col P. Secchi, accompagnato dall'indivisibile Fr. Marchetti. Unitomi ad essi nel passeggio, allorché ci trovammo dinanzi a quel loggiato in ferro da cui si osserva lo stupendo panorama di Roma: “Ebbene – disse *ex abrupto* il P. Secchi – quantun-

que tu abbia lasciato le seste ed i calcoli per lo studio delle leggi, devi ancora rendere un piccolo servizio all'astronomia. Vedi laggiù la nostra specola? Ecco lì la cupola del telescopio meridiano. Or io vorrei stabilire qui sul Pincio *la mira* di quel telescopio, il punto fisso col quale correggerne i lievi spostamenti. Per ora basterà fissare un segnale qualsiasi: poi otterrò dal Governo che vi sostituisca una colonna, la quale sarà un piccolo ornamento scientifico del pubblico giardino. [Cfr. *sopra disegno del 15 giu. 1871*].”

E con quell'occhio pratico, ch'era una spiccata e speciale qualità del sommo scienziato, il P. Secchi, indovinando che il circolo meridiano doveva toccare un determinato posto lì innanzi al loggiato, mi disse che al mattino seguente, verso le otto, avrei dovuto tornare al Pincio: egli avrebbe fatto trovare colassù un manovale che mi avrebbe fornito una tavoletta graduata, a scacchiera bianca e nera. Io dovevo presentare la tavoletta sull'albero: egli dalla specola, aprendo nella finestra del meridiano le persiane di destra o di sinistra, secondo che la tavoletta dovesse applicarsi nell'una o nell'altra direzione, m'avrebbe dato il segnale de' movimenti; quando avessi visto aperte ambedue le persiane, avrei dovuto tener ferma la tavoletta e il manuale l'avrebbe, con un chiodo fissata sull'albero.

Non dico la mia soddisfazione per quell'incarico: mi sembrava d'essere *pars magna* in una importante operazione astronomica! Nel mattino seguente andai all'appuntamento. Il sole splendidissimo mandava quasi orizzontalmente i suoi raggi sulla specola, di maniera che non solamente la finestra, ma ad occhio nudo io scorsi anche la figura del mio amatissimo maestro. L'operazione riuscì egregiamente. Un colpo di martello fissò sull'albero la tavoletta; e più tardi all'albero fu sostituito quel basamento che rimane ancora sul Pincio con la scritta: *Meridiano dell'Osservatorio del Collegio Romano*, e con sopra il busto somigliantissimo del P. Secchi, decretato dal Comune di Roma ed eseguito dallo scultore Giuseppe Prinzi. ” (Cfr.: C. Kambo, *La mira del meridiano*, in *Al p. Angelo Secchi nel XXV dalla morte il Comitato romano*. Roma 1903, p. 13-14)

BIBLIOGRAFIA

- ANGELO SECCHI, *L'Osservatorio astronomico del Collegio Romano*, in: *Le scienze e le arti sotto il Pontificato di Pio IX*, Roma, Tipografia delle Belle Arti, Palazzo Poli, n. 91, 1860.
- ANGELO SECCHI, *Principi di astronomia compilati per uso delle Scuole del Collegio Romano. 2a edizione*, Roma, 1864.
- ANGELO SECCHI, *Descrizione del nuovo osservatorio del Collegio Romano D.C.D.G. e Memoria sui lavori eseguiti dal 1852 a tutto aprile 1856*.
- FERRARI G. STANISLAO, *Elogio di Angelo Secchi*. In: *L'Osservatore Romano*, giovedì 28 febbraio 1878.
- ANGELO SECCHI, *L'astronomia in Roma nel Pontificato di Pio IX. Memoria*, Roma, Tip. Della Pace, 1877.
- COLINO KAMBO, *La Mira del meridiano [dell'Osservatorio del Collegio Romano]*. In: *Al P. Angelo Secchi nel XXV dalla morte il Comitato Romano*. Roma, XXVI febbraio MDCCCLXXVIII-MCMIII. Roma, Tip. Forzani e Co., 1903. p. 13-14.
- Foto e rielaborazioni di Renzo Lay.

LA TORRE DEL PRIMO MERIDIANO D'ITALIA

Introduzione¹

La pubblicazione della teoria della Gravitazione Universale di Newton (1642-1727) nel 1686 permise un approccio più scientifico al problema della forma della Terra. Infatti, non era avvalorata solo la forma perfettamente sferica, ma Cartesio (1596-1650), per esempio, propendeva per una forma a limone, mentre i newtoniani, insieme ad Huygens (1629-1695) proponevano un ellissoide schiacciato ai poli. In questo fervore iniziarono spedizioni in varie parti del mondo al fine di misurare archi di meridiani. Tali operazioni sovente duravano anni sia per l'estensione dell'arco da misurare sia perché si svolgevano in zone impervie. Alcune di tali operazioni si svolsero in Lapponia ad opera di Maupertius nella prima metà del Settecento, in Ecuador ad opera di Godin e Bouguer dal 1735 al 1739. Tali misurazioni si estesero nella parte occidentale e nella parte orientale dell'Europa, mentre nulla si era misurato nella fascia centrale. Le poche misure eseguite senza una pianificazione² avevano dato risultati discordanti che potevano essere causati o dalla poca accuratezza o dalla presenza di forti perturbazioni gravimetriche sia per la presenza di vasti bacini che di estese catene montuose.

La Commissione per la misura del grado del meridiano centrale europeo

Per ovviare a tale mancanza, nel 1861 fu costituita una commissione geodetica tra i vari Stati dell'allora Impero germanico sotto la presidenza

¹ Il lavoro è collegato alla mostra *MERIDIANI E LONGITUDINI A ROMA* svoltasi dal 4 al 19 marzo 2005 presso la Biblioteca Casanatense (Roma) in collaborazione con lo *Studium Urbis*.

² Quella, p. es. in Italia, dei padri gesuiti Maire e Boscovich per la misura del grado di meridiano tra Rimini e Roma di metà Settecento.

za del gen. Baeyer. Lo scopo di tale consesso era la misura di un arco di meridiano attraverso l'Europa centrale in corrispondenza della capitale Berlino. Vista la vastità della zona interessata, si propose di estendere la misura al di fuori dell'impero germanico invitando altri Stati tra i quali, grazie alla sua posizione geografica, lo Stato Pontificio. In tutti questi Stati si sarebbero dovute effettuare delle triangolazioni sicure e precise effettuate con regole concordate in comune al fine di poter confrontare i dati e compensare le varie reti.

Il gen. Baeyer invitò il Governo pontificio nell'impresa, ma vista la situazione politica quest'ultimo non potè avallare ufficialmente la collaborazione tecnica, ma avrebbe, comunque, favorito la misura in ogni modo a lui possibile. Nel mentre si erano associati alla misura Russia, Svezia, Norvegia, Austria, Svizzera ed Italia. E proprio dall'Italia, nell'agosto 1869, pervenne l'invito a padre Secchi (1818-1878), direttore dell'Osservatorio del Collegio Romano (Roma), di unirsi, in veste privata, alle sedute della Commissione permanente per la misura del grado³, che si sarebbero tenute a Firenze. Visto che l'invito fu fatto in veste privata, il Governo pontificio non permise una partecipazione ufficiale anche per le tensioni politiche che stavano sorgendo nella penisola italiana.

Padre Secchi fu invitato a descrivere le attività, passate ed *in itinere*, che in ambito geodetico erano state eseguite dal Governo pontificio al fine di valutarne l'utilità per la misura del grado di meridiano. Nella relazione padre Secchi descrisse le problematiche e la misura della base geodetica lungo la via Appia antica⁴. Tale misura permise il calcolo delle longitudini di vari osservatori astronomici come quello di Napoli e la rideterminazione di quello del Collegio Romano stesso e di quello del Campidoglio. A seguito della relazione, l'Italia decise di invitare ufficialmente il Governo pontificio alla misura anche per il lungo tratto che il meridiano compiva in territorio pontificio.

³ Istituita il 5 aprile 1865 dal Ministero della Pubblica Istruzione, nel 1866 assunse il nome di Commissione Geodetica Italiana.

⁴ La base si estende dal mausoleo di Cecilia Metella alla località detta Frattocchie. Gli studi e la descrizione della misura sono stati documentati da padre Secchi nell'opera *Misura della base trigonometrica eseguita sulla via Appia per ordine del Governo pontificio nel 1854-1855*, Roma (1858). A seguito di alcuni lavori archeologici, diretti dall'archeologa M. Marcelli, nella sede stradale prospiciente il monumento di Cecilia Metella, nel luglio 1999, fu riscoperto fortuitamente il caposaldo A della base. Operazioni simili per ritrovare il caposaldo B, l'altra estremità della base, ad opera dell'Istituto Geografico Militare non hanno dato esito positivo.

In ambito pontificio fu costituita, il 12 dicembre 1869, una Commissione mista⁵ di astronomi ed ingegneri militari: presidente padre Secchi, prof. L. Respighi, direttore dell'Osservatorio capitolino del Campidoglio, prof. col. M. Azzarelli, ing. magg. F. Oberholtzer, prof. Bettocchi. L'annuncio ufficiale dei lavori di triangolazione nello Stato Pontificio fu fatta il 15 febbraio 1870 dal Ministero del Commercio⁶ obbligando i privati a non ostacolare le operazioni geodetiche. La commissione si mise subito al lavoro decidendo di riunirsi ogni settimana. Il primo compito della commissione fu l'ordinazione degli strumenti ed in secondo luogo si dovettero scegliere i luoghi per collocarvi le stazioni geodetiche.

Questo secondo compito fu facilitato dai precedenti lavori sia per diminuire le spese sia per avere validi punti di controllo. Comunque, in alcuni casi si dovettero eseguire nuovi lavori per spostare stazioni in luoghi più adatti.

Roma, ovviamente, rimaneva al centro della rete ed in particolare era circondata da un poligono chiuso congiungente i punti di Pratica, monte Virginio, monte Soratte, monte Gennaro, monte Cavo e, di nuovo, Pratica. Tale poligono aveva al suo interno la base geodetica misurata nel 1855 che dovevasi collegare. Riguardo a questo collegamento "base geodetica – poligono" bisognava decidere se mantenere la stazione principale centrata sulla croce della cupola della basilica di s. Pietro per il quale passava il meridiano di riferimento cartografico dello Stato Pontificio⁷.

Stazione geodetica di monte Mario (Roma)

La possibilità di mantenere come punto geodetico fondamentale la sommità della cupola della basilica vaticana fu esclusa dalle clausole che furono emanate per la determinazione delle stazioni. Infatti, per esse si richiedeva la possibilità di effettuare con gli strumenti il cosiddetto giro, ossia avere la visione dell'orizzonte per l'intero angolo giro. Ciò,

⁵ PADRE A. SECCHI, *Rapporto della Commissione per la misura del meridiano centrale europeo negli Stati Pontifici presentato a sua Eminenza Reverendissima il sig. Cardinale Giuseppe Berardi nel giorno 1 agosto 1870*, Roma (1871) (Biblioteca Casanatense coll. Misc. 698.19). La prima seduta della Commissione si tenne il 27 gennaio 1870, mentre l'ultima, la XXIIa, fu del 18 agosto 1870.

⁶ Il manifesto del Ministero del Commercio e Lavori Pubblici è conservato in Archivio Pontificia Università Gregoriana (Roma), cartella 26,III.

⁷ Si veda, ad esempio, il foglio 5 (di 9) della CARTA TOPOGRAFICA DI ROMA E COMARCA disegnata ed incisa nell'Ufficio del Censo, scala di 1:80000 (1863) (collezione privata del prof. A. Ceen).

proprio per la presenza di monte Mario, non era possibile dal Vaticano. In più vi erano oggettive difficoltà logistiche di posizionare gli strumenti in maniera stabile proprio sul punto per la presenza della croce. Infatti, non erano possibili piccole triangolazioni per riportare le osservazioni al punto principale, la cosiddetta riduzione, sia per problemi di tempo che di precisione. Per tale motivo padre Secchi scelse di spostare il punto sulla cima del monte più alto di Roma.

La Commissione pontificia, dopo un sopralluogo⁸, scelse un luogo all'interno della vigna del principe Barberini, duca di Castelvecchio. Oltre ai suddetti vantaggi, il luogo permetteva la conservazione nel tempo del manufatto-segnale. In un primo tempo si pensò di riadattare un casino che era già presente, ma in condizioni non ottimali. In un secondo momento, considerazioni economiche fecero decidere per una costruzione *ex novo*. Le trattative con il principe Barberini durarono a lungo. Infine, fu deciso che la proprietà sarebbe stata devoluta al fondo del baliaggio e che la servitù sarebbe stata usata solo ai fini della triangolazione geodetica.

Firmata la convenzione e su disegno⁹ del magg. Oberholtzer, il 6 maggio 1870 fu posta la prima pietra¹⁰ della torre a base quadrata (fig. 1) alla presenza del card. Berardi, Proministro del Commercio, del Comandante la guarnigione pontificia gen. Kanzler e del principe Barberini.

La base della torre misurava 4.66 m di lato, l'altezza totale era di 12.85 m dei quali i primi 3.02 m erano verticali ed i restanti 8.40 m si rastremavano fino al balconcino sommitale di 3.5 m di lato protetto da una ringhiera alta 1 m. Al centro, in corrispondenza del punto trigonometrico fondamentale, vi era un pilastrino alto 1.43 m. Il lato meridionale, visibile in fig. 1, aveva alla base la porta d'ingresso ed ascendendo la scala a chiocciola interna di peperino tre finestre per poter eseguire osservazioni astronomiche. In corrispondenza delle finestrelle si costruì un

⁸ La Commissione eseguì il sopralluogo il 24 febbraio 1870 (Archivio Pontificia Università Gregoriana (Roma), cartella 2928).

⁹ In una lettera di padre Secchi del 17 marzo 1870 a Piesolini vi è uno schizzo a matita della torre (Archivio Pontificia Università Gregoriana (Roma), cartella 26,III). Il disegno della torre venne approvato nella VIIa seduta della Commissione il 24 marzo 1870 (Archivio Pontificia Università Gregoriana (Roma), cartella 2928).

¹⁰ La cronaca della posa è riportata in *GIORNALE DI ROMA* dell'11 maggio 1870, n. 106, p. 1 (Archivio Pontificia Università Gregoriana (Roma), cartella 26,III f. 30). Il discorso di padre Secchi è in *Archivio Pontificia Università Gregoriana (Roma)*, cartella 26,III f. 35. I lavori di scavo per la torre erano stati iniziati il 25 aprile 1870.

pianerottolo per posizionarvi gli strumenti astronomici come un telescopio dei passaggi.

Per testimoniare e rendere più duraturo il preciso punto, una pietra 0.60 x 0.60 m e spessa 0.50 m aveva un foro centrale dal quale, verticalmente, dipartiva l'asse della torre coincidente con il pilastro sommitale. Intorno al foro vi era la scritta: 1870 SEGNALE TRIGONOMETRICO ed ai lati dello stesso PIUS IX P.M. (fig. 2). Questa pietra fu posta a 4 m di profondità sotto la soglia della porta d'ingresso appoggiandosi su uno strato compatto di tufo vulcanico. Per conservare e riportare la verticale fino alla sommità, si piantò in esso un palo di legno che venne murato nel pilastro centrale alla scala a chiocciola. A causa della posizione elevata ed esposta la torre fu dotata di un parafulmine.

I lavori e l'utilizzo della torre quadrata furono interrotti dagli eventi politici del settembre 1870. L'arrivo degli italiani comportò il proseguo dei lavori tanto che al progetto di misura del grado di meridiano fu ancora invitato padre Secchi anche se il suo stato di salute non gli permise una partecipazione attiva.

La storia del punto trigonometrico di monte Mario fu subito segnata pesantemente dalla necessità di abbattere la torre quadrata per poter permettere la costruzione del forte militare nell'ambito del piano di difesa della città di Roma. La torre fu demolita poco dopo il 1877 spostando il punto trigonometrico di circa 200 m verso sud, con una triangolazione, sul terrazzo della vicina villa Manzi (oggi villa Mellini sede dell'Osservatorio e Museo astronomico di Roma)¹¹. Al termine della costruzione del forte¹² il punto trigonometrico fu rimaterializzato a terra nel 1882¹³ e si poté ricostruire nello stesso anno la torre nello stesso punto visto che il fossato non arrivò al punto trigonometrico¹⁴. In base a ciò fu costruita una torre tronco-conica in mattoncini alta 7

¹¹ Scheda Dati Monografici n. 149068/2 del marzo 1878 (Archivio Sezione Geodetica dell'Istituto Geografico Militare (Firenze)) (Autorizzazione IGM prot. 320/41.1/3.4.1/73 del 24 febbraio 2004).

¹² Il forte fu costruito tra il 1877 ed il 1882 ed ha un'estensione di 8.4 ha (cfr. G. GIANNINI, *I forti di Roma*, Roma (1998)).

¹³ Scheda Dati Monografici n. 149068/4 dell'aprile 1882 (Archivio Sezione Geodetica dell'Istituto Geografico Militare (Firenze)) (Autorizzazione IGM prot. 320/41.1/3.4.1/73 del 24 febbraio 2004).

¹⁴ Scheda Dati Monografici n. 149068/5 post 1890 (Archivio Sezione Geodetica dell'Istituto Geografico Militare (Firenze)) (Autorizzazione IGM prot. 320/41.1/3.4.1/73 del 24 febbraio 2004).

m (fig. 3)¹⁵. La porta d'ingresso fu posta sul lato sud-sud-est¹⁶ con una scaletta a chiocciola interna che subito sotto il piano sommitale passa esternamente. Al di sopra della porta vi è una lapide in travertino con la scritta OSSERVATORIO ASTRONOMICO / DI ROMA / PRIMO MERIDIANO / D'ITALIA / ORIGINE DELLE LONGITUDINI ITALIANE¹⁷. Il balconcino superiore è protetto da una ringhiera di ferro, alta 1.15 m, al cui centro vi è un pilastro in muratura (135 x 46 x 46 cm) con incastonato sopra un bullone di 3 cm con la scritta IGM/CT/GPS incastonato su un vecchio ed arrugginito medaglione dell'Istituto Geografico Militare. Il pilastro non è orientato né con le sue facce né con le sue diagonali. In corrispondenza dell'asse della torre al piano terra fu apposta una lapide di marmo (40 x 40 cm) con un centrino di piombo di 4 cm di diametro con al centro due tracce tra loro ortogonali incise e con la scritta, sopra su due righe, PUNTO GEODETICO FONDAMENTALE / MONTE MARIO e sotto su due righe ORIGINE / DELLE LONGITUDINI ITALIANE (fig. 4). All'esterno, incastonato nella parete a destra della porta di ferro ed all'altezza di 2.40 m, vi è un segnale di livello altimetrico scheggiato ed arrugginito.

Oggi la torre è visibile in discrete condizioni solo dall'esterno della palizzata che protegge la zona militare antistante il forte.

Poiché la vegetazione intorno alla torre si era infittita ed alzata al punto da impedire il giro d'orizzonte, nel 1963 furono eseguite delle triangolazioni per definire un punto trigonometrico fuori centro sulla vicina torre solare dell'Osservatorio astronomico¹⁸.

Ad est, appoggiato all'edificio principale dell'Osservatorio astrono-

¹⁵ Le problematiche della sua proprietà furono presentate da Armellini con una nota del 5 giugno 1939 al Ministero dell'Educazione Nazionale a seguito di una richiesta della Società o Commissione Geodetica affinché gli fosse assegnata la torre. In un documento del 22 aprile 1935 Armellini riferisce al Rettore dell'Università degli Studi di Roma che la torre fu consegnata all'Osservatorio nel luglio 1932. Comunque, nel maggio 1938 la Commissione Geodetica Italiana, in base alla legge del 3 giugno 1935, n. 1024 sulla conservazione e vigilanza dei segnali geodetici, chiese di nuovo la torre al Ministero dell'Educazione Nazionale (Archivio Centrale dello Stato, Ministero Pubblica Istruzione, Direzione Generale Istruzione Superiore, Div. IV, 1928-1948, b. 36).

¹⁶ Visita alla torre del 13 giugno 2003. Per la collaborazione alla visita si ringrazia il Comandante del 3° Reggimento Trasmissioni di stanza a forte Trionfale (Roma).

¹⁷ Stranamente la lapide ha una fascia superiore, larga un terzo dell'altezza della lapide, completamente bianca senza tracce di incisioni o segni di svellamento.

¹⁸ Scheda Dati Monografici n. 149068/13 del 25 agosto 1963 (Archivio Sezione Geodetica dell'Istituto Geografico Militare (Firenze)) (Autorizzazione IGM prot. 320/41.1/3.4.1/73 del 24 febbraio 2004).

mico, vi è un locale con tetto a botte, oggi utilizzato come magazzino, sulla cui porta d'ingresso campeggia una lapide con la scritta PRIMO / MERIDIANO. Un tempo il locale ospitava uno strumento dei passaggi. Dalle ricerche di archivio non si è trovata traccia di tale utilizzo vista anche la sua collocazione che è di varie decine di metri ad est del Primo Meridiano determinato dalla torre.

Con la determinazione del nuovo punto fondamentale per il calcolo delle longitudini, si rese necessario il suo collegamento con la rete geodetica passata facente capo alla base geodetica del 1855. Per tale motivo fu eseguita una triangolazione (fig. 5) che collegava monte Mario con una base geodetica più corta di circa 500 m rispetto a quella originale di padre Secchi. Come lo stesso Secchi fece presente durante la misura, il caposaldo A presso Cecilia Metella non era un buon punto trigonometrico fondamentale per l'assenza del giro d'orizzonte. Per tale motivo prevede un punto fondamentale in corrispondenza del cosiddetto torrazzo di Capo di Bove¹⁹ dal quale il giro era completo.

Monumentalizzazione del Primo Meridiano d'Italia

L'utilizzo odierno del GPS (Global Position System)²⁰ da parte dell'Istituto Geografico Militare ha comportato sulla cartografia pubblicata la scomparsa del Primo Meridiano d'Italia. Per ovviare a tale scomparsa, perché si considera il meridiano come un monumento scientifico²¹ che ha segnato la storia cartografica dell'Italia, lo STUDIUM URBIS già nel novembre 2002²² segnò presso la torre il tracciato del meridiano per por-

¹⁹ Sul torrazzo è stata posta una lapide con la seguente scritta: CAPO DI BOVE / NELL'ANNO MDCCCLV P. A. SECCHI / SULLA TRACCIA DEL P. BOSCOVICH / RIGOROSAMENTE MISURAVA LUNGO LA / VIA APPIA UNA BASE GEODETICA / E NELL'ANNO MDCCCLXX COLLO STABILIRE / PRESSO I DUE ESTREMI DI ESSA / QUESTO PUNTO TRIGONOMETRICO / E L'ALTRO ALLE FRATTOCCHIE COSTITUIVA / UNA NUOVA BASE SULLA QUALE FU VERIFICATA LA RETE GEODETICA ITALIANA / ORDITA NELL'ANNO MDCCCLXXI DAGLI UFFICIALI / DEL CORPO DI STATO MAGGIORE PER LA / MISURA DEL GRADO EUROPEO.

²⁰ Sistema di localizzazione spaziale basato sulla misura dei tempi di segnali provenienti da una costellazione di satelliti in orbita terrestre. La precisione può variare dalle decine di metri a meno di 1 m.

²¹ Nel *Testo unico delle disposizioni legislative in materia di beni culturali e ambientali* (Decr. Leg. 490/1999 in *GAZZETTA UFFICIALE*, Suppl. Ord., Serie Generale, n. 302 del 27 dicembre 1999) non vi è la definizione di monumento scientifico.

²² A. CEEN, A. DI BENEDETTO, P. BATTINELLI, *MERIDIANO Italy's Prime Meridian*, Studium Urbis, (2002).

tare alla luce questa linea ideale. Tale operazione, che si vorrebbe più duratura, è un progetto di monumentalizzazione del Primo Meridiano con delle borchie d'ottone come si è fatto a Parigi²³. Nel tracciato urbano del Primo Meridiano viene attraversato il parco urbano di monte Mario ed in particolare un belvedere. In corrispondenza di esso dovrebbe essere auspicabile la posa di un monumento indicatore il transito del meridiano con una lapide di memoria. Più a sud il meridiano attraversa villa Doria Pamphilj, altro luogo ideale per materializzare questa linea in maniera permanente con facilità di frequentazione. Tutto questo nell'attesa, che dura dagli anni Trenta del XX secolo, che la zona intorno alla torre possa essere fruibile dal pubblico e poter progettare un luogo che sia di ricordo storico-scientifico di vicende che hanno quasi 150 anni di storia.

²³ 135 borchie d'ottone (diametro 10-15 cm) con inciso ARAGO, fisico ed astronomo francese 1786-1853, segnano il meridiano di Parigi (2°20'14" E) (cfr. www.metro-poleparis.com/1999/410/410line.html).

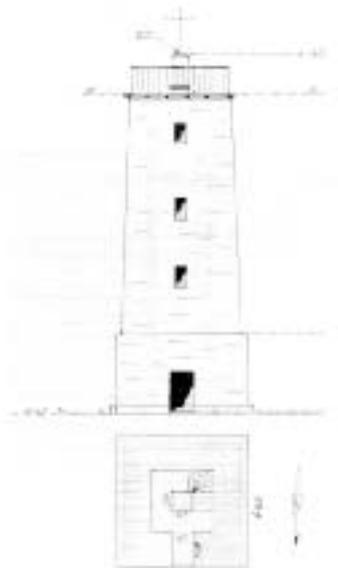


Fig. 1 – La prima torre, a base quadrata, del Primo Meridiano d'Italia costruita nel 1870 (cfr. Scheda Dati Monografici n. 149068/1 del 17 maggio 1871 (Autorizzazione IGM prot. 320/41.1/3.4.1/73 del 24 febbraio 2004)).



Fig. 2 – La pietra-testimone del punto trigonometrico fondamentale (cfr. A. SECCHI, Rapporto della Commissione per la misura del meridiano centrale europeo negli Stati Pontifici presentato a sua Eminenza Reverendissima il sig. Cardinale Giuseppe Berardi nel giorno 1 agosto 1870, Roma (1871) (Roma, Biblioteca Casanatense, Misc. 698.19).



Fig. 3 – La seconda torre del Primo Meridiano d'Italia (Autorizzazione Ministero della Difesa prot. 867/031-507 del 26 marzo 2004).



Fig. 4 – Lastra posta alla base della torre tronco-conica testimoniante il punto d'inizio delle longitudini italiane: coordinate WGS84 $41^{\circ}55'25''$ N, $12^{\circ}27'08''$ E; coordinate Roma40 $41^{\circ}55'26''$ N, $0^{\circ}00'00''$ E, altitudine 137.85 m s.l.m. (Autorizzazione Ministero della Difesa prot. 867/031-507 del 26 marzo 2004).

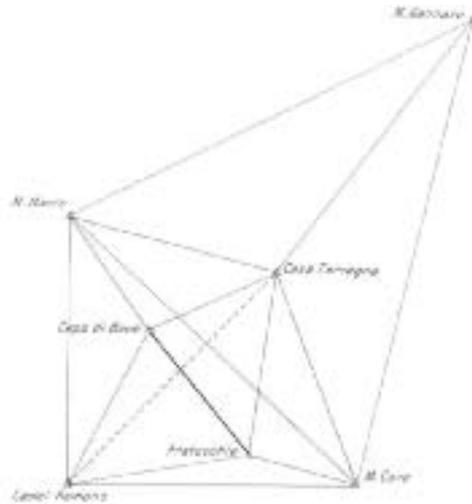


Fig. 5 – Triangolazione per collegare la base geodetica lungo la via Appia antica del 1855 al punto trigonometrico di monte Mario (da: Processo verbale delle sedute della R. Commissione Geodetica Italiana tenute in Roma nei giorni 3, 4 e 6 aprile 1906, Bologna 1906) (Roma, Biblioteca Casanatense, Misc. 234.23).

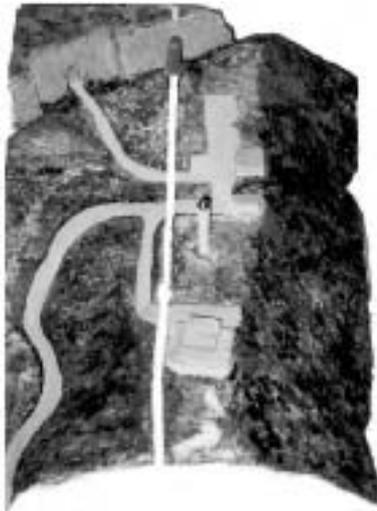


Fig. 6 – Plastico della sommità di monte Mario intorno alla Torre del Primo Meridiano d'Italia (progetto e realizzazione dr. T. Aebischer, geom. G. Scarselli (2005)). In alto al centro in rosso la torre, in basso al centro la torre solare e più in basso l'edificio principale dell'Osservatorio astronomico.

LA CONFERENZA INTERNAZIONALE DEL MERIDIANO DEL 1884 (WASHINGTON, USA)

Introduzione¹

La natura permette di identificare univocamente i paralleli, ed in particolare l'Equatore, con il fatto che essi sono l'intersezione della sfera (globo) terrestre con i piani perpendicolari all'asse di rotazione terrestre. Asse che viene definita dalla congiunzione dei due poli geografici. Lo stesso non accade per i meridiani non avendo una caratteristica naturale sulla superficie terrestre alla quale riferirne uno in maniera univoca e, possibilmente, accettata da tutti. Da questa semplice osservazione nasce il problema della localizzazione di un punto rispetto ai meridiani (longitudine) e della sua misura con metodi pratici. La scelta di un Primo Meridiano, in definitiva, è arbitraria. Al contrario, il metodo per il calcolo della longitudine risulta assoluto non dipendendo dalla posizione del meridiano di riferimento, ma solo dalla sua esistenza.

Nell'arco di tutta la storia della cartografia si sono succeduti o sono coesistiti molti Primi Meridiani (*Primus Meridianus*), definiti talvolta più per questioni astronomiche (cataloghi stellari) che per una precisa e scientifica volontà di utilizzarli per la misura della Terra. Nel caso di una loro utilizzazione cartografica, molto si discuteva sulle possibili terre sconosciute che potevano essere rivendicate dalle potenze come la Spagna ed il Portogallo grazie alle bolle o trattati papali (*Tordesillas*, 1494).

Comunque, la molteplicità dei riferimenti per la longitudine comportò la produzione di una cartografia difficilmente confrontabile oltre che ancora molto imprecisa. L'aumento dei traffici economici, principalmente effettuati per nave nel XVIII e XIX secolo, che legavano culture e Paesi diversi fece sorgere la necessità e la domanda di accordarsi sulla

¹ Il lavoro è collegato alla mostra *MERIDIANI E LONGITUDINI A ROMA* svoltasi dal 4 al 19 marzo 2005 presso la Biblioteca Casanatense (Roma) in collaborazione con lo *Studium Urbis*.

definizione di un unico Primo Meridiano. Dopo vari tentativi, la Conferenza del Meridiano svoltasi a Washington (USA) nel 1884 definì il meridiano dell'Osservatorio di Greenwich² (Londra, Gran Bretagna) come il Primo Meridiano del Mondo.

Il meridiano di Greenwich non definisce solo l'origine spaziale delle longitudini, ma anche l'origine temporale dell'ora mondiale (Tempo Universale) usato per gli usi civili.

L'evoluzione della definizione

Il Primo Meridiano del quale si ha notizia e che ha avuto una certa importanza fu quello passante per l'isola di Rodi (28°02' E) definito da Ipparco di Nicea (185-127 a.C.). Comunque, tale definizione non ebbe subito molta attenzione poiché si preferiva utilizzare, per il calcolo delle distanze, le giornate di viaggio. Tale preferenza era dovuta alla facilità mentale delle distanze lineari rispetto a quelle angolari.

Nel II sec. d.C. Tolomeo (ca. 100-170) compì una *summa* della cartografia allora conosciuta riutilizzando il sistema del reticolo latitudine-longitudine, già usato da Ipparco, per posizionare le località/toponimi. Dopo alcuni secoli il Primo Meridiano di Rodi venne sostituito con una scelta abbastanza obbligata, essendoci allora l'idea di una limitatezza della superficie terrestre scegliendo le isole Fortunate (arcipelago delle Canarie, 18°40' W) come punto più occidentale³. Tale spostamento deve essere imputato a due ordini di idee. La prima sulla praticità nell'utilizzo di valori solo positivi della longitudine. La seconda nell'allargamento dello spazio geografico conosciuto nella prospettiva della circumnavigazione dell'Africa oltre la *finis terrae* delle isole Fortunate. Il punto esatto di passaggio di questo meridiano fondamentale sembra essere stato identificato da Blaeu⁴ con la cima El Pico, montagna con una forma conica sita nell'isola di Tenerife. Tale cima si stagliava dal paesaggio circostante tanto da essere visibile per un raggio di 292 miglia inglesi (circa 480 km).

Dopo Tolomeo inizia la battuta d'arresto cartografica delle proiezioni e dell'utilizzo dei reticoli geografici. Ciò condanna il Primo Meridiano

² Notizie sull'Osservatorio astronomico di Greenwich e sui meridiani che vi furono definiti si possono trovare sul sito www.globalgeografia.com.

³ Il globo terra-acqueo di Silvestro Amanzio Moroncelli del 1716 collocato nel Salone Monumentale della Biblioteca Casanatense (Roma) riporta come Primo Meridiano quello passante per le isole Fortunate.

⁴ *Le Grand Atlas*, Amsterdam (1663).

tolemaico all'oblio. Anzi, in questo stato di cose è proprio il concetto stesso di Primo Meridiano che viene a cadere non essendo più necessario definire un'origine⁵. Esempi di tale cambiamento possono essere rappresentati dalla Tabula Peutingeriana e dai mappamondi O-T.

L'importanza nella definizione del Primo Meridiano e della capacità di un'esatta localizzazione dei luoghi si collegava anche a fattori politici. Infatti, nel corso del Quattrocento iniziarono le esplorazioni, nuove rotte furono solcate e nuove terre si scoprivano. Il problema che subito si poneva era di definirne il possesso, visto che tutto ciò che era fuori dall'Europa era considerato territorio di nessuno, ossia di popolazioni non cristiane. A quell'epoca le due grandi potenze erano Portogallo e Spagna. Le due potenze non riuscirono a mettersi d'accordo per cui ci rivolsero a papa Alessandro VI (ca. 1431-1503, papa dal 1492) che definì nel 1493 (bolla *Inter Coetera*) un meridiano a 100 leghe ad ovest delle isole di Capo Verde. Tale Primo Meridiano papale fu chiamato *raya*: le terre ad ovest sarebbero state spagnole, quelle ad est ed a sud del Tropico del Cancro, portoghesi. A seguito delle proteste degli stessi portoghesi con il Trattato di Tordesillas (1494) la *raya* fu spostata a 370 leghe dividendo a metà quello che oggi si chiama Brasile. La *raya*, pur per la sua importanza più politica che cartografica, la si può ritrovare su alcune carte come Primo Meridiano.

Successivamente, nel XVI sec., il grande cartografo Mercatore (Gerardo Kremer, 1512-1594) posizionò il Primo Meridiano in corrispondenza delle Azzorre (isola di Corvo), possedimento portoghese e ritenuto il luogo in cui la declinazione magnetica si annullava (meridiano isogonico). Si può ritenere che tale idea sia stata la prima ed unica a cercare un fondamento naturale ed un metodo pratico per la definizione naturale di un meridiano particolare dal quale contare la longitudine. Comunque, il tentativo di trovare una controparte magnetica alla definizione di un Primo Meridiano assoluto, trova molteplici difficoltà, prima tra tutte la sua variabilità sia nel tempo che in base al luogo. Infatti, la linea isogonica nulla non segue un cerchio massimo passante per il Nord geografico.

Nel XVII sec. il noto geografo Ortelio considerò come Primo Meridiano quello passante per l'isola del Fuoco (arcipelago di Capo Verde, 24°25' W).

Nel 1634 il re francese Luigi XIII (1610-1643), per opera del card. Richelieu, convocò una conferenza alla quale invitò eminenti matematici-

⁵ Il concetto di centralità, quale ordinatore dello spazio, rimane presente nell'Uomo in ogni epoca, come l'*agorà* ateniese, ed è l'origine delle distanze stradali, come si avrà successivamente con il Campidoglio nel mondo romano.

ci ed astronomi per poter definire un Primo Meridiano mondiale. Anche se in Europa si vivevano turbolenti periodi con la Guerra dei Trent'anni, Luigi XIII decretò l'adozione come Primo Meridiano quello passante per l'arcipelago delle Canarie (isola di Ferro o Hierro, 18°10' W) sotto dominio spagnolo. Tale Primo Meridiano ebbe un uso quasi costante, anche se non universale, fino al 1884 e lo si ritrova su molte carte di paesi diversi. In particolare, gli olandesi non accettarono tale posizionamento poiché lo ritenevano incerto. Infatti, per convenzione lo si era preso a 20° ad ovest dal meridiano di Parigi, ciò che definiva indirettamente come proto Primo Meridiano quello passante per Parigi.

I francesi furono i primi a disegnare carte nautiche con scale multiple in base ai vari Primi Meridiani adottati: non potendone adottare uno universalmente, si disegnavano i principali! Ovviamente, le scale multiple dei meridiani avevano il corrispettivo in svariate scale lineari.

I precedenti della Conferenza

A causa della molteplicità dei Primi Meridiani ereditati dalla storia e della necessità di uniformare la cartografia mondiale, specie quella nautica, furono indette due conferenze.

Il primo Congresso Geografico Internazionale (IGC) si tenne nell'agosto 1871 ad Anversa. Una risoluzione propose l'adozione del meridiano di Greenwich come zero comune e che esso fosse adottato da tutte le nazioni entro cinquant'anni. La clausola valeva solo per le carte nautiche, mentre per quelle terrestri e di diporto si sarebbe potuto adottare il Primo Meridiano nazionale⁶. La stessa tesi venne perorata anche dal delegato francese.

Un secondo Congresso IGC si tenne nel 1875 a Roma. Anche in quest'occasione non si ebbero risoluzioni vincolanti. Anzi, la Francia propose alla Gran Bretagna di accettare il meridiano di Greenwich, se quest'ultima avesse adottato il sistema metrico decimale⁷.

Nonostante il formale insuccesso delle due riunioni internazionali, agli inizi del 1880 l'aspetto pratico aveva iniziato a porre le basi per la conferenza del 1884: quasi tutte le grandi nazioni dell'epoca usavano il meridiano di Greenwich, tranne la Francia ed il Portogallo⁸. La situazione ven-

⁶ *Comptes-rendus des Congres des Sciences Geographiques, Cosmographiques, et Commerciales*, Anversa (1882).

⁷ H. DEREK, *Greenwich Time*, Oxford (1980)

⁸ F. BORSARI, *Il meridiano iniziale e l'ora universale*, Napoli (1883).

ne confermata durante il terzo congresso ICG svoltosi nel settembre 1881 a Venezia. In tale congresso si decise di istituire due speciali conferenze⁹.

La prima di tali conferenze speciali fu la VII^a Conferenza Internazionale di Geodesia (detta anche per la misura del meridiano centrale europeo) che si svolse a Roma nell'ottobre 1883. Essa ebbe il merito di porre le basi scientifiche per la conferenza del 1884 poiché era costituita da astronomi, geodeti e matematici. Non vi era spazio per colloqui politici, diplomatici, ma solo pratici, scientifici. La Conferenza di Geodesia si concluse con l'adozione di alcune Risoluzioni.

La Risoluzione I pose in risalto la necessità sia per la scienza della navigazione che per il commercio che per le comunicazioni internazionali di adottare un'origine comune per la misura della longitudine.

La Risoluzione III pose in evidenza la mancanza di un riferimento naturale per lo zero della longitudine ed alcune proposte "non naturali" o "neutrali" (come quella di utilizzare il meridiano passante per lo stretto di Bering tra Alaska (USA) e Russia che non toccava alcuna nazione e che praticamente oggi è la Linea Internazionale di Cambiamento di Data), non ebbero il necessario consenso. Inoltre, il Primo Meridiano doveva essere identificato da uno degli osservatori astronomici di fama mondiale che a quell'epoca erano Berlino, Greenwich, Parigi e Washington.

Tutto era pronto per poter indire una conferenza con il compito di definire universalmente il Primo Meridiano del mondo.

Le Risoluzioni finali

Dopo un'intensa attività diplomatica, durata due anni e portata avanti dagli Stati Uniti, il 1 ottobre 1884 si aprì a Washington la Conferenza con lo scopo di

... fixing upon a meridian proper to be employed as a common zero of longitude and standard of time-reckoning throughout the globe.

Per l'Italia il rappresentante fu il conte Albert De Foresta, Primo Segretario di Legazione. Il numero di Stati partecipanti fu di 25.

Alla firma dell'Atto Finale¹⁰, il 22 ottobre 1884, la Risoluzione I che proponeva l'utilizzo di un unico Primo Meridiano:

That is the opinion of this Congress it is desirable to adopt a single prime meridian for all nations, in place of the multiplicity of initial meridians which now exist.

⁹ G. M. WHEELER, *Report upon the Third International Geographical Congress*, Washington (1885).

¹⁰ Cfr. www.ucolick.org/~sla/leapsecs/scans-meridian.html, p. 199 e segg..

Fu adottata all'unanimità.

La Risoluzione II che proponeva come Primo Meridiano per tutto il mondo dal quale misurare la longitudine quello che transita per il centro dello strumento dei passaggi sito all'Osservatorio di Greenwich e costruito dall'Astronomo Reale Airy (1801-1892) nel 1851:

That the Conference proposes to the Governments here represented the adoption of the meridian passing through the centre of the transit instrument at the Observatory of Greenwich as the initial meridian for longitude.

fu votata nel pomeriggio del 13 ottobre e non fu adottata unanimamente poiché 22 furono i voti a favore (tra i quali quello dell'Italia), 1 contrario, quello di Santo Domingo, e 2 astensioni, quelle di Francia e Brasile. L'astensione della Francia rientrava nel suo desiderio di far adottare il meridiano passante per l'Osservatorio di Parigi e lungamente si dibattè sulla fama e adeguatezza dell'Osservatorio di Parigi a gestire il Primo Meridiano mondiale.

La scelta del meridiano di Greenwich fu suggerita considerando varie ragioni. La prima fu che gli Stati Uniti avevano scelto come riferimento per i loro fusi orari l'ora di Greenwich. L'altra fu che quasi i due terzi del commercio mondiale dipendeva dalle carte nautiche riferite al meridiano britannico. Inoltre, l'idea "antica" di posizionare il meridiano su caratteristiche naturali o su monumenti illustri come la Grande Piramide od il Tempio di Gerusalemme non avrebbero offerto nel tempo la stabilità e la precisione di cui oggi abbiamo bisogno¹¹.

Nel 1984 la Gran Bretagna emise una serie filatelica di quattro valori in occasione del Centenario della Conferenza.

Il meridiano di Greenwich passa, da nord verso sud, per il mar Glaciale artico, il mare di Groenlandia, il mare di Norvegia, l'Inghilterra, lo stretto della Manica, la Francia, la Spagna, il mar Mediterraneo occidentale, l'Algeria, il Mali, il Burkina Faso, il Togo, il Ghana, il golfo di Guinea, l'oceano Atlantico meridionale, l'Antartide.

¹¹ Durante le discussioni il delegato francese propose la seguente risoluzione: *That the initial meridian should have a character of absolute neutrality. It should be chosen exclusively so as to secure to science and to international commerce all possible advantages, and in particular especially should cut no great continent – neither Europe nor America* (cfr. www.ucolick.org/~sla/leapsecs/scans-meridian.html, p. 36). Ma il delegato statunitense rispose: *In the choice of the prime meridian, there is no physical feature of our earth which commends itself above others as the best starting point; nor does the form of the earth itself present any peculiarity which might be used as an initial point* (cfr. www.ucolick.org/~sla/leapsecs/scans-meridian.html, p. 37).

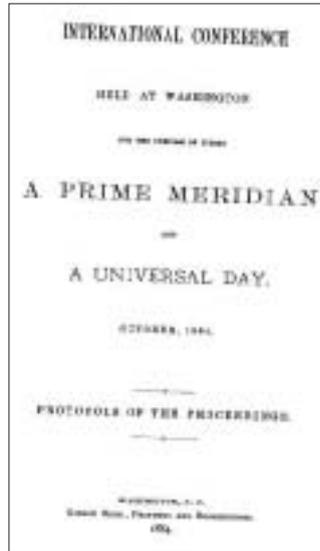


Fig. 1 – Frontespizio degli atti della Conferenza Internazionale del Meridiano (cfr. www.ucolick.org/~sla/leapsecs/scans-meridian.html).



Fig. 2 – Porta dell'edificio del Primo Meridiano di Greenwich adottato alla Conferenza del 1884 (foto dell'Autore).

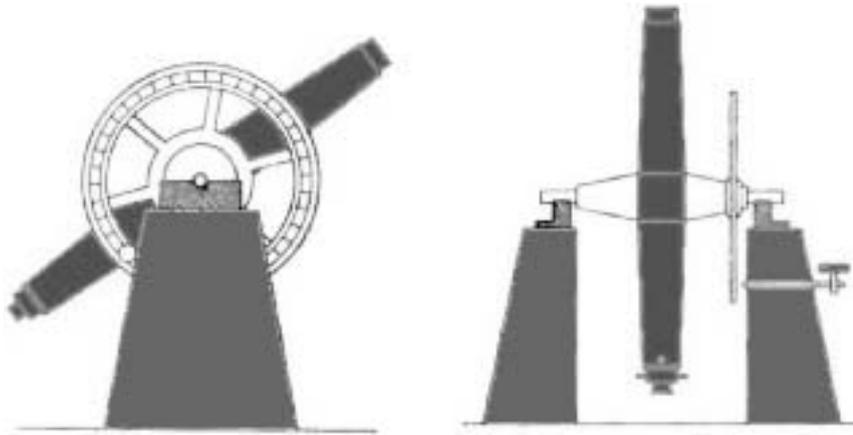


Fig. 3 – Il telescopio dei passaggi che con la sua caratteristica montatura definisce la posizione e la direzione del meridiano.

MISURA DELLA DECLINAZIONE MAGNETICA A ROMA USANDO L'AZIMUT DEL SOLE

La bussola non indica il Nord celeste, astronomico, ma quello magnetico, che ne differisce più o meno sensibilmente a seconda della posizione geografica.

È possibile misurare con un palo verticale, una rotella metrica ed un orologio sincronizzato al secondo col tempo campione, (con precisione operativa migliore di 2' d'arco), la deviazione dal Nord celeste della direzione dell'ago magnetizzato, calcolando l'azimut del Sole ad un dato istante per un dato luogo ed usando l'ombra di un palo verticale per individuarne la direzione a terra.

Questo è il metodo più preciso per tracciare in pochi minuti il meridiano locale.

Declinazione Magnetica sulle carte IGM

La declinazione magnetica δ a Roma, al 1° gennaio 1985 è riportata nella carta IGM edizione speciale (figura 1). Il valore di δ varia di circa + 6' 30" all'anno.

Calcolando questa variazione al 1° gennaio 2007, la declinazione magnetica assume i valori in figura 2. La bussola indica il nord magnetico, e, a causa della differenza tra esso ed il nord geografico, nonché della presenza di anomalie magnetiche locali, non consente una determinazione esatta del Nord geografico, ovvero Nord astronomico o celeste.

A Roma centro (Campidoglio) abbiamo ora una declinazione magnetica media calcolata di circa 2° 33'. Il Sud della bussola è quindi ruotato verso Ovest di 2° 33'. Agli equinozi il Sole raggiunge questo azimut circa 7 min 30 s dopo il mezzogiorno locale, al solstizio d'estate circa 3 min 30 s dopo, mentre al solstizio invernale dopo oltre 10 minuti.

Avendo a disposizione delle effemeridi del passaggio del Sole al meridiano, si può misurare l'entità della deviazione magnetica in ogni punto e verificare i calcoli sulla carta in fig. 2.

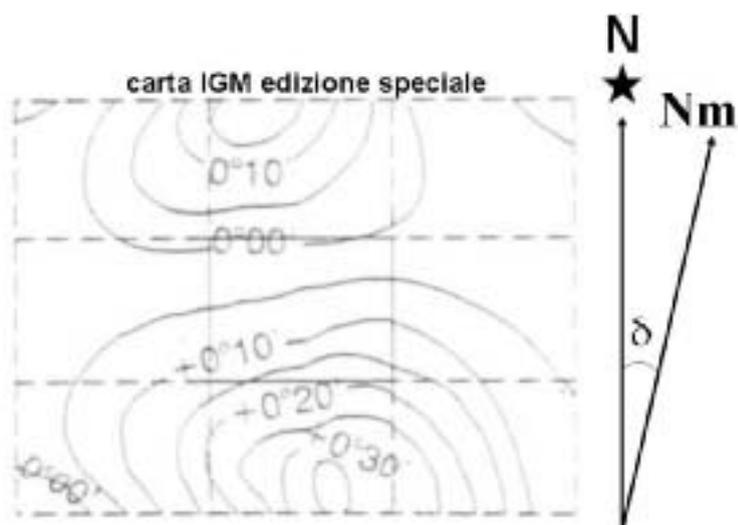


Fig. 1 – Declinazione magnetica δ a Roma, al 1° gennaio 1985 il valore di δ varia di circa $+6'30''$ all'anno.

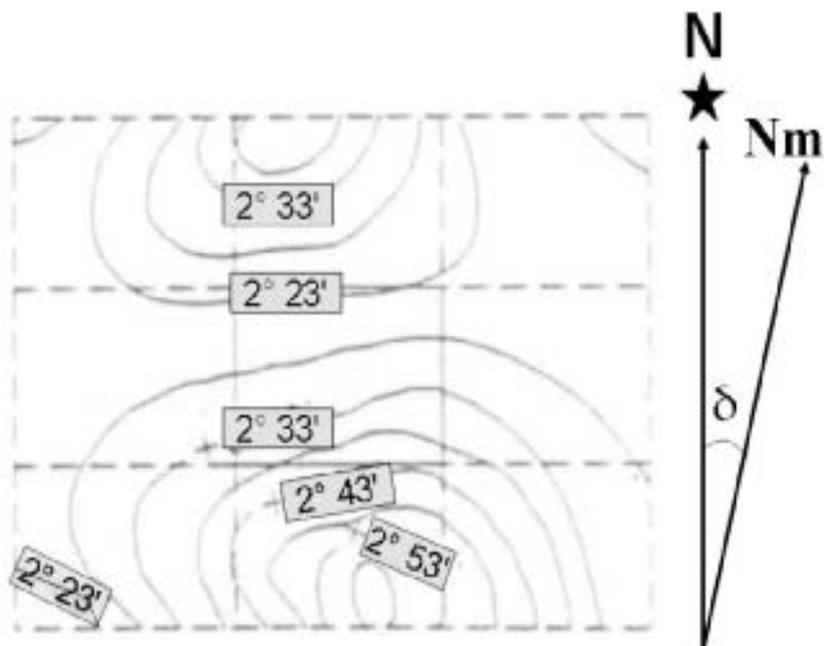


Fig. 2 – Declinazione magnetica δ a Roma, calcolata al 1 gennaio 2007.

Determinazione del Nord magnetico

Prima di individuare la direzione del Nord Magnetico occorre sincerarsi che non vi siano campi magnetici locali che perturbano l'ago magnetico della bussola. Collocando in diversi luoghi la bussola si verifica se varia la direzione di equilibrio dell'ago in dipendenza della posizione della bussola nell'ambiente dove si effettua la misura.

In realtà questa è la condizione più delicata da essere verificata, e campi magnetici locali possono far differire di alcuni gradi le misure effettuate a pochi metri di distanza l'una dall'altra, come è stato verificato al dipartimento di rilevamento del Politecnico di Milano e confermato nelle nostre misure condotte a Roma al Liceo Morgagni, nella Basilica di Santa Maria degli Angeli e dei Martiri e nella Villa dei Quintili sulla via Appia.

In mare invece, lontano da sorgenti di campi magnetici, le misure di deviazione magnetica sono più accurate: i comandanti usavano calibrare le loro bussole di navigazione rispetto al nord vero. Già intorno al 1590 queste misurazioni erano molto accurate, con un errore di mezzo grado.

Per il nostro esperimento occorre individuare la direzione di equilibrio dell'ago magnetico con la massima precisione, evitando gli errori di parallasse e posizionandosi sulla verticale dell'ago confrontando la sua direzione con quella di una linea retta disegnata su un foglio A3 e ruotabile a piacere. Quando l'allineamento è perfetto si fissa il foglio e con esso la direzione.

Nord Geografico col Sole

Il Sole al mezzodì vero transita al meridiano locale, culmina a Sud nel suo percorso quotidiano nel cielo. L'ombra di uno stilo verticale è diretta in quel momento verso il Nord celeste che corrisponde con quello geografico.

Sono sufficienti delle effemeridi accurate entro un minuto per individuare, dall'ombra di uno stilo verticale, la direzione del Nord Geografico con una precisione di 15'.

Effemeridi al secondo permettono una precisione angolare di 15''.

La precisione del metodo migliora del 10% attorno ai solstizi, perché il moto angolare del Sole è più lento rispetto agli equinozi.

Tuttavia non è necessario attendere l'istante del transito del Sole al meridiano per avere la direzione del Nord celeste, infatti è sufficiente poter calcolare per ogni istante che si voglia l'azimut del Sole in quel momento per avere una direzione astronomicamente referenziata.

Il programma ephemyga (che si può scaricare gratuitamente al sito www.santamariadegliangeliroma.it menù Meridiana, sottomenù calcolo delle effemeridi) consente nel modo plot di stampare gli azimut del Sole per ogni istante di tempo desiderato e per ogni posizione geografica dell'osservatore voluta.

Con questa operazione è sufficiente avere un palo in posizione verticale per individuare, con la sua ombra, una direzione (azimut) astronomicamente referenziata.

Un accorgimento utile è quello di tracciare una linea retta che parte dalla base del palo (dal suo centro A in fig. 3) che incrocia un'altra retta che individua la direzione dell'ago magnetizzato BC.

Tracciando anche una terza retta AB si individua un triangolo ABC.

Il bordo dell'ombra del palo che si muove verso destra (Est) se è già passato il mezzodì ad un tempo t_1 tocca il punto C, e lo lascia all'istante t_2 . La media tra t_1 e t_2 è l'istante in cui l'ombra è orientata esattamente secondo la retta AC. Questo istante medio si inserisce, insieme con la longitudine e la latitudine del luogo, nel programma ephemyga per ottenere l'azimut α del Sole quando l'ombra descrive la retta AC. Dalla misura dei lati AB AC e CB si ricavano tutti e tre gli angoli del triangolo e la conoscenza di α consente di orientare esattamente nello spazio questo triangolo e la retta CB in particolare.

Una serie di misure effettuate da me con gli studenti del Liceo G. B. Morgagni di Roma ha permesso di individuare il Nord celeste con una deviazione standard migliore di $\pm 1'$ in pochi minuti di operazioni, precisione sufficiente per valutare le variazioni dal 1985 della declinazione magnetica in un dato luogo, che sono dell'ordine di $6'$.

I lati dei triangoli utilizzati erano dell'ordine dei 10 metri ciascuno, misurati con una precisione del mezzo centimetro, è questo valore che determina l'accuratezza finale del metodo di quasi $2'$, e non il dato astronomico – temporale, di per sé limitabile entro $1/4$ di minuto d'arco.

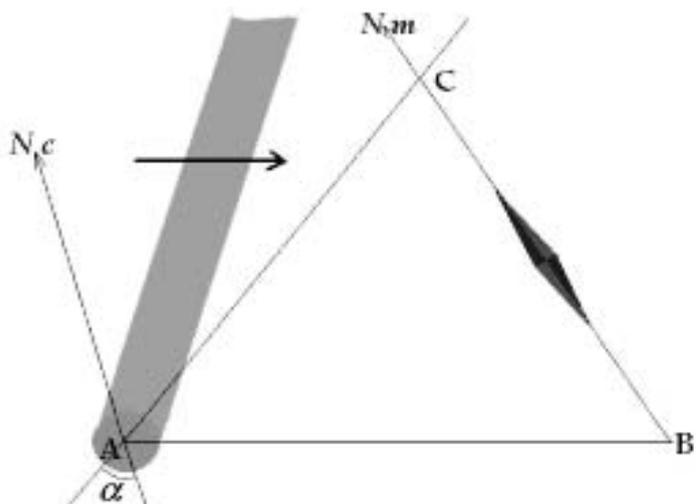


Fig. 3 – L’ombra di un palo verticale in A interseca la linea BC orientata verso il Nord Magnetico.

Sincronizzazione degli orologi

Queste misure sono attendibili a patto di avere gli istanti di tempo t_1 e t_2 sincronizzati con il tempo universale coordinato UTC.

Gli orologi devono essere sincronizzati col tempo campione Italiano: è possibile farlo attraverso il sito http://www.ien.it/stittime_i.shtml gestito dall’Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris di Torino.

Si può anche installare il programma freeware DIMENSION 4 che sincronizza automaticamente l’orologio interno del computer con il tempo universale coordinato, ottenuto dal confronto dei segnali campione di diversi istituti nel mondo.

Coordinate geografiche del luogo

Dati attendibili su Longitudine e Latitudine conoscendo l’indirizzo di un luogo sono reperibili anche con le mappe che si possono creare al sito www.virgilio.it sezione “tuttocittà”: questi dati sono presenti nella url della pagina generata automaticamente alla nostra richiesta. Sono dati forniti in gradi e decimali di grado per cui bisogna tenerne conto nella conversione in minuti e secondi sessagesimali.

Un’altra fonte è google maps in cui occorre localizzare il luogo desiderato nelle immagini da satellite; entrambi i metodi forniscono le coordinate geografiche nel sistema WGS84.

Altrimenti si può fare una misura diretta con un GPS, mediando i risultati di diverse misurazioni.

Alcuni Risultati

Ho usato una bussola a bagno d'olio KONUS, con traguardo per l'allineamento con un dettaglio del panorama, usato per puntare la direzione del Nord Celeste individuata astronomicamente. A Villa dei Quintili, zona del Teatro Marittimo. Deviazione magnetica di $3^{\circ} 30' \pm 30'$ verso Est, rispetto al Nord Celeste, in buon accordo rispetto al dato ricavato dalla carta IGM del 1985.

Per la Linea Meridiana di Santa Maria degli Angeli le misure fatte all'interno della Basilica danno il seguente andamento in figura, sicuramente influenzato da campi magnetici locali. La deviazione magnetica è un valore da mediare su molti punti.

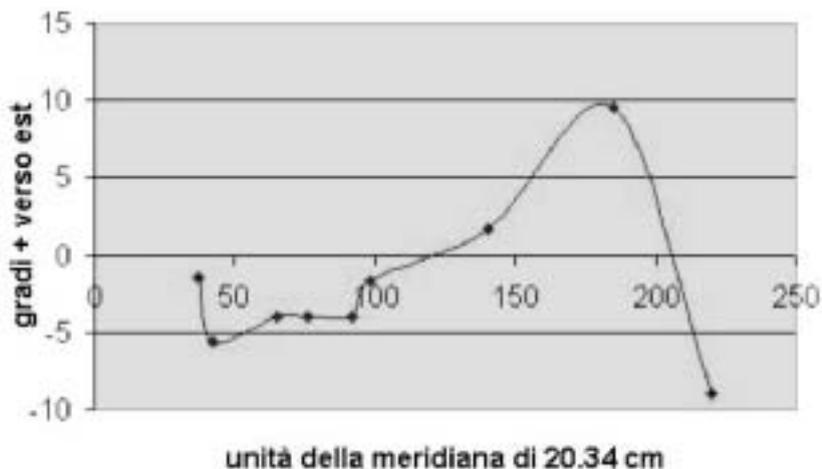


Fig. 3 – Deviazione magnetica sulla meridiana.

BIBLIOGRAFIA

- Carta IGM di Roma 1985 edizione speciale
JONKERS, A.R.T. et al, *Four Centuries of Geomagnetic Data, from Historical Records*, Reviews of Geophysics 41,2 (2003).
GUBBINS, d. su <http://www.lescienze.it/index.php?id=12186>
Programma Ephemyga su www.santamariadegliangeliroma.it menù Meridiana menù Calcolo Effemeridi
Programma Dimension 4 freeware da <http://www.thinkman.com/dimension4/>
IEN Galileo Ferraris di Torino http://www.ien.it/stittime_i.shtml
G. BEZOARI, C. MONTI, A. SELVINI, *Topografia Generale con elementi di Geodesia*, UTET, Torino 2002.

LUCI MERIDIANE ALLA VILLA DEI QUINTILI IL TEATRO MARITTIMO HA OSPITATO LA TERZA MERIDIANA DEL MONDO

Storia

La via Appia fu usata dagli astronomi Gesuiti Ruggero Boscovich (1711-1787) ed Angelo Secchi (1818-1878) per stabilire l'arco di meridiano tra Roma e Rimini. Queste misure erano finalizzate alla conoscenza dei parametri dell'ellissoide terrestre, e sono delle pietre miliari nella storia della scienza. Prima di loro, Francesco Bianchini (1662-1729) suddiacono e canonico di S. Maria Maggiore fatto segretario della commissione del Calendario da papa Clemente XI, costruì nel 1702 una linea meridiana nella basilica di Santa Maria degli Angeli, ancora oggi in funzione. Con questo strumento egli poté ottenere le prime mappe moderne dell'Italia con longitudini corrette.

Abbiamo voluto onorare tutti questi astronomi con uno strumento creato in ossequio alle leggi dell'Astronomia, *la settima arte* tra le arti liberali del medioevo.

Meridiana

La meridiana solare ideata e progettata dall'autore è stata costruita dall'autore stesso con l'aiuto degli studenti del Corso di Laurea in Geografia della Sapienza: Laura Giannuzzo, Valentino Cozza, Tiziana Montesi ed Emiliana d'Orazio, nell'area del Teatro Marittimo della Villa dei Quintili, in occasione di Outart 2006 - mostra d'arte contemporanea tenuta dal 10/6 al 9/7/2006. È uno strumento astronomico per misurare il mezzogiorno locale ed il solstizio d'Estate; funziona per riflessione da uno specchio piano ed ha una lunghezza focale di 26 metri (l'asse Sud-Nord del Teatro Marittimo). Lo specchio è equivalente al foro stenopeico delle grandi meridiane esistenti, così che questa è ora la terza meridiana al mondo di questo tipo, dopo quelle di Santa Maria del Fiore a Firenze (90 m, fatta nel 1467 da Paolo Toscanelli 1397-1492) e di San Petronio a Bologna (27 m, costruita nel 1655 da Giandomenico Cassini 1625-1712).

Dove e cosa vedere: Lo schermo a Sud è vicino all'ingresso del Teatro Marittimo

Opposto allo specchio. L'allineamento dello strumento permette di segnare il mezzogiorno locale con una precisione di 1 s di tempo, e il tracciato del solstizio entro 1 cm di accuratezza. L'evento meridiano è stato visibile attorno alle 13:08 e dura solo 6 minuti ogni giorno. Questo orario restava valido dall'8 giugno al 9 luglio. Nei giorni attorno al solstizio (18-24 giugno) il disco solare, di 23 cm di diametro, era bisecato dallo gnomone triangolare di marmo, posto davanti allo schermo verticale (fig. 1).

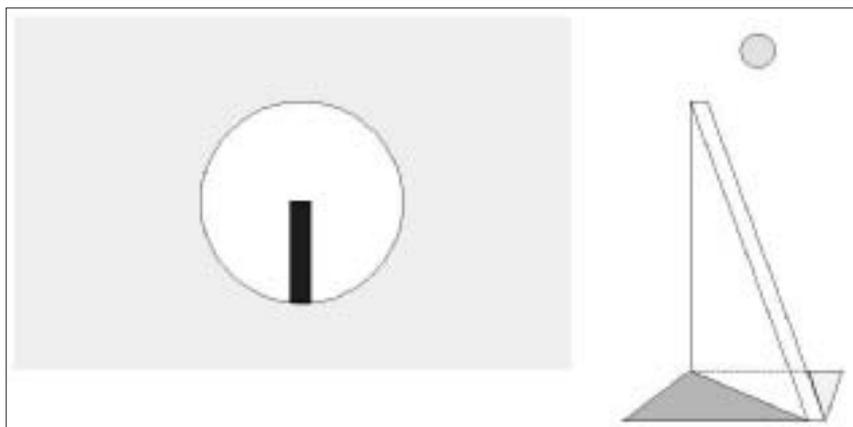


Fig. 1 e 2

Ombre e luci

Lo gnomone gettava (tempo collegato) ombre verso Ovest al mattino, nessuna ombra al mezzodì (attorno alle 13:08) e produceva una luce verso ovest ed ombra simmetrica verso Est nel pomeriggio (fig.2). Questi fenomeni erano sempre visibili col Sole.



Fig. 3 – Lo specchio che funge da foro stenopeico, all'estremo Nord della meridiana su montatura in metallo e travertino.



Fig. 4 – Il teatro Marittimo visto dall'alto con la Meridiana, in luce il lato Nord.

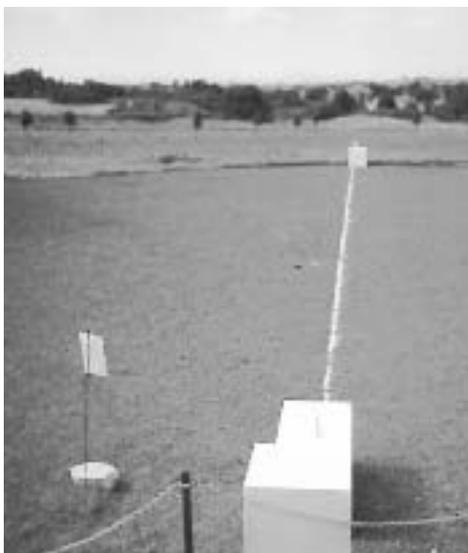


Fig. 5 – La Meridiana con la Pinna Solstiziale.



Fig. 6 – Il transito al meridiano il giorno del Solstizio d'Estate, l'immagine del Sole viene bisecata dalla Pinna, che non getta ombre.



Fig. 7 – La Meridiana attraverso un arco romano del II secolo.



Fig. 8 – La pinna solstiziale che getta a Est ombra e ad Ovest luce, dopo il transito del Sole al Meridiano.

**ASTRONOMIA IN CHIESA:
LA MERIDIANA CLEMENTINA
DI SANTA MARIA DEGLI ANGELI, ROMA**

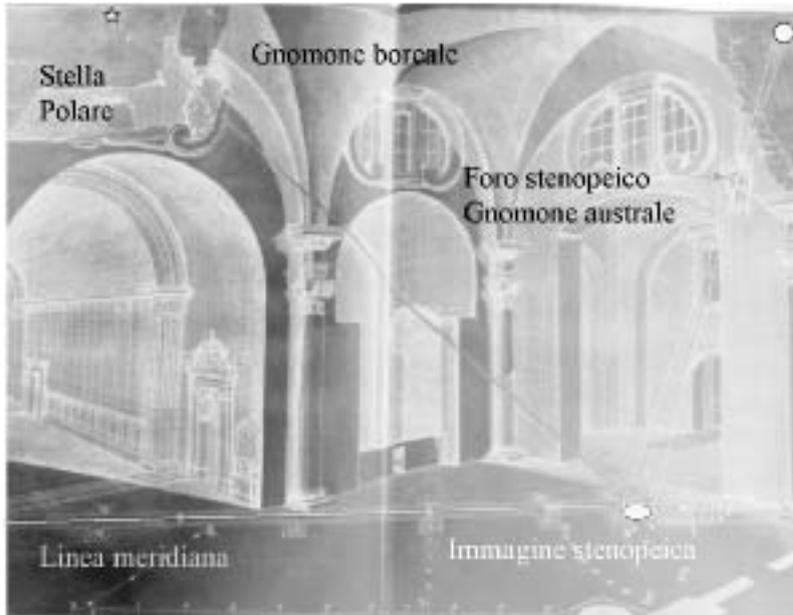


Fig. 1 – Gnomone australe e gnomone boreale: schema su stampa d'epoca.

Storia

Papa Clemente XI (1700-1721) chiese a Francesco Bianchini (1662-1729) di costruire una grande linea meridiana a camera oscura sullo stile di quella di Giandomenico Cassini (1625-1712) costruita nel 1655 in San Petronio a Bologna. Bianchini, che era anche Segretario della Commissione per il Calendario, scelse la Basilica di Santa Maria degli Angeli per la stabilità delle sue mura romane e delle sue fondazioni, e per le dimensioni adeguate allo scopo. Bianchini migliorò lo strumento cassiniano permettendo anche l'osservazione dei transiti stellari con la sua nuova meridiana.

Il Papa Clemente XI inaugurò la grande meridiana venerdì 6 ottobre 1702, festa annuale di San Bruno, il fondatore dei Certosini. La statua del santo è visibile proprio all'ingresso della Basilica ed i Certosini rimasero a Santa Maria degli Angeli fino al 1884.

Scienza con lo Gnomone Clementino

La stabilità del sito lungo i secoli è un requisito fondamentale per la confrontabilità di misure di astrometria di alta precisione, come l'inclinazione dell'asse terrestre sul suo piano orbitale. Le durate esatte del mese sinodico lunare e dell'anno tropico erano altri obiettivi scientifici per quello strumento, con motivazioni sia religiose che civili. I parametri introdotti dalla riforma Gregoriana del Calendario (1582) furono verificati con questo strumento già entro il suo primo anno di funzionamento (1702-1703).

La meridiana forniva il mezzodì vero, a cui era associata la preghiera dell'Angelus. Inoltre era possibile calcolare direttamente l'istante dell'equinozio di Primavera, uno dei parametri a cui è legata la data della Pasqua.

Osservazione delle Stelle

Nel XVIII secolo era possibile aprire la finestra dove si trova il foro stenopeico australe, e, anche in pieno giorno, venivano osservati i transiti delle stelle al meridiano. Il tempo veniva dato da un orologio meccanico a pendolo. L'accuratezza di tale orologio era migliore di 1 s al giorno, e l'osservazione dei transiti stellari ne consentiva la sincronizzazione quotidiana con il tempo siderale.

I nomi di alcune stelle brillanti sono incisi nei marmi della meridiana, nelle posizioni che avevano nel 1702. Sirio, la stella più brillante, si trova presso il numero 161.

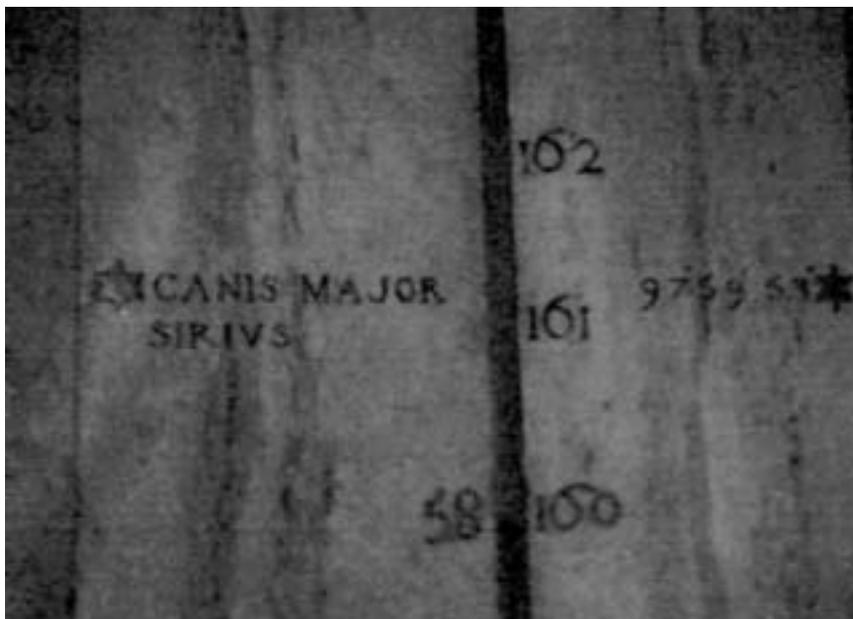


Fig. 2 – Coordinate di Sirio nel 1702, incise sul marmo della Linea Meridiana.

Bianchini riportò le osservazioni di Sirio al mezzodì dal 26 giugno all'11 luglio 1703. Le finestre della Basilica venivano oscurate mediante tende poste all'esterno, la finestrella australe era aperta e negli stessi momenti l'immagine stenopeica del Sole attraversava il pavimento. La stella veniva osservata con un telescopio portatile posto sulla Linea.

Il prolungamento della retta stella-telescopio sulla Linea corrispondeva con l'altezza della stella al momento del transito al meridiano. Altre stelle hanno i loro nomi e le loro ascensioni rette incise sui marmi, mentre l'altezza era data direttamente dalla posizione della stella di ottone.

Persino ad esempio l'altezza meridiana valeva 161.3 parti centesime, corrispondenti a 31.8° sopra l'orizzonte.

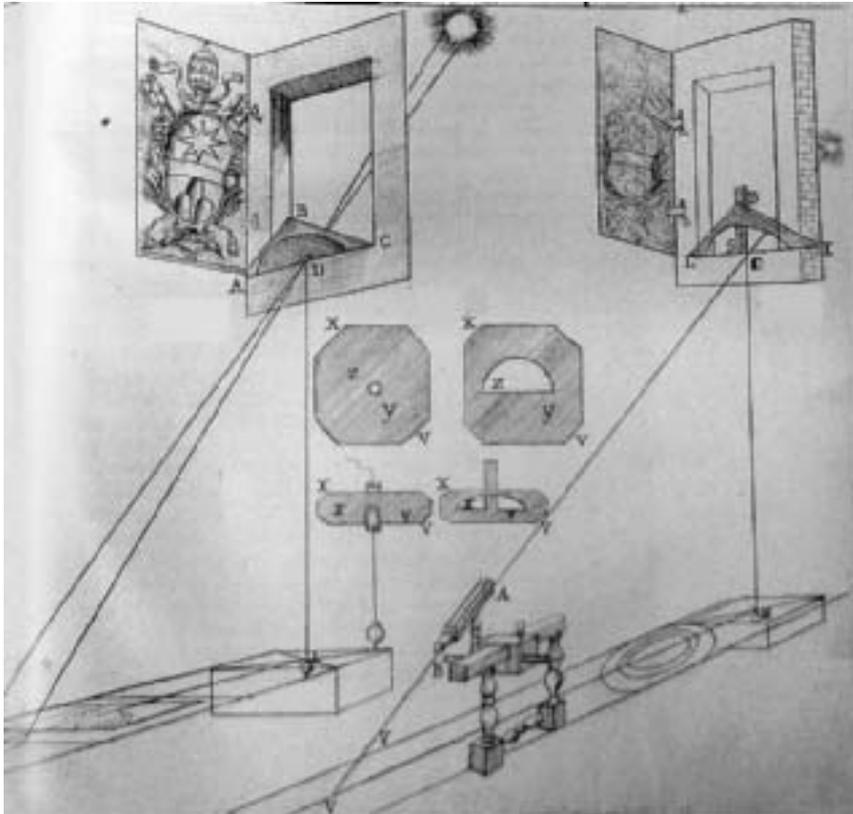


Fig. 3 – Il telescopio usato nelle osservazioni delle stelle sulla Linea Clementina.

Equinozi e Solstizi: anno tropico ed inclinazione dell'eclittica

La natura ibrida della Meridiana Clementina, con cui si potevano misurare transiti sia del Sole che delle stelle, permise a Bianchini di completare già nel 1703 l'intera misura della durata dell'anno tropico, che di solito si otteneva confrontando le proprie osservazioni con quelle di autori classici molto distanti nei secoli. Bianchini dalla differenza temporale nei transiti del Sole e di alcune stelle fisse poteva ottenere subito la longitudine eclittica del Sole, che vale 0° , 90° , 180° e 270° rispettivamente per l'equinozio di Primavera, il solstizio d'Estate, l'equinozio d'Autunno ed il solstizio d'Inverno.

Settori equispaziati di 30° dell'orbita solare sono tradizionalmente legati ai nomi dei segni zodiacali, ad esempio l'Ariete sta tra 0° e 30° di longitudine eclittica, e così via.

A causa della precessione degli equinozi, i segni zodiacali non sono più legati alle corrispondenti costellazioni, ma solo alle longitudini eclittiche del Sole, come in tutta l'astronomia classica.

La misura dell'altezza del Sole sull'orizzonte, che raggiunge i valori estremi ai solstizi, serviva a conoscere il valore dell'inclinazione dell'asse terrestre sul piano dell'eclittica, una volta corretta per l'effetto della rifrazione. A tale scopo Bianchini usava le tavole della rifrazione compute in San Petronio a Bologna dal Cassini.

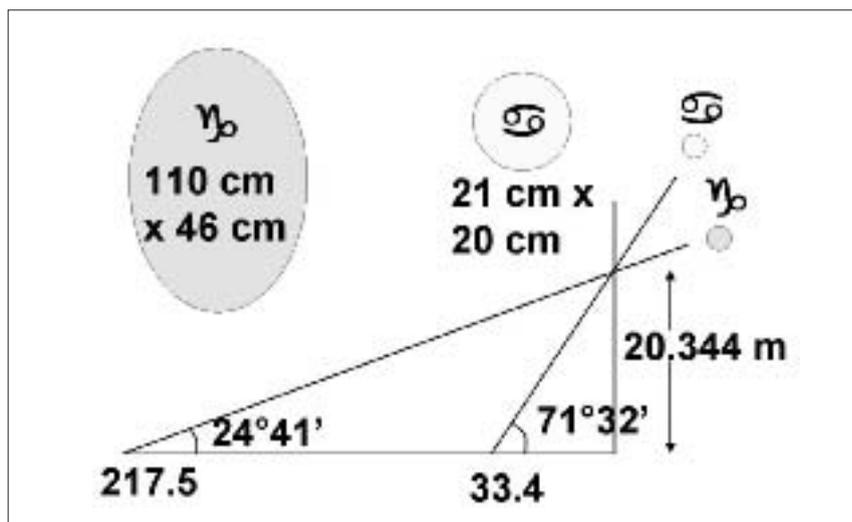


Fig. 4 – Immagini solari ai solstizi, con le loro posizioni sulla linea, dimensioni ed altezze sull'orizzonte.

L'immagine Solare

L'immagine solare è prodotta dal foro stenopeico a 20.344 m di altezza; è un'ellissi ed il suo asse minore, al transito, è perpendicolare alla Linea e misura $\sim 1/100$ della distanza dal foro. L'immagine è capovolta in ossequio alle leggi ottiche per la *camera oscura*.

La turbolenza dell'aria e gli effetti quantistici dovuti alla diffrazione della luce causano una vibrazione continua dell'intera immagine, ad alta frequenza, visibile anche all'occhio nudo. Questo fenomeno genera un'incertezza intrinseca nella determinazione degli istanti dei transiti di ± 0.4 s. È stato possibile giungere a questa risoluzione temporale video-registrando il transito su 10 linee parallele alla Linea principale, e calcolandone la media. Con il metodo dei transiti paralleli è stato possibile verificare l'aggiunta del secondo intercalare al Tempo Universale Coordinato UTC fatta al termine del 2005: sono stati comparati i transiti di fine Dicembre 2005 con quelli di inizio Gennaio 2006.

Anche la piccola deviazione dal vero Nord celeste della Linea che vale $\sim 4' 45''$ verso Est è stata misurata con questa tecnica, comparando i ritardi dei transiti ad entrambi i solstizi, e confrontandoli con le effemeridi.

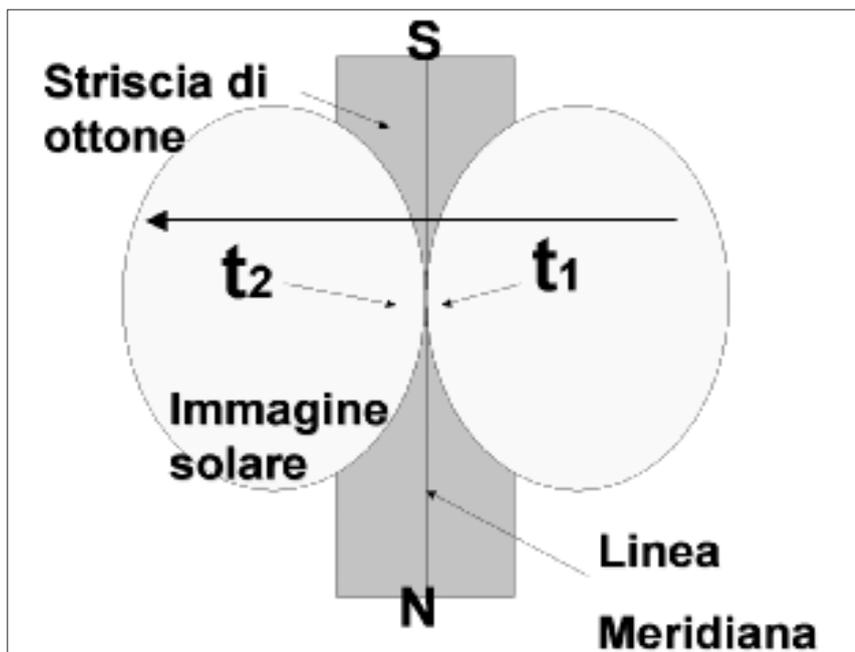


Fig. 5 – Primo e ultimo contatto dei lembi del Sole con la linea meridiana.

Cronometraggi visuali:

L'accuratezza dei cronometraggi visuali è stata verificata con la stessa tecnica dei transiti paralleli. Ottenendo il tempo di transito con lo stesso metodo di Bianchini, cioè quello di mediare t_1 e t_2 , si hanno precisioni di $\pm 1s$.

Come leggere la Linea Meridiana

Sul grafico si possono leggere contemporaneamente gli orari del transito per una certa data e la posizione sulla Linea espressa in *Partes Centesimae* (PC) dell'altezza del foro stenopeico. Queste *Partes Centesimae* sono indicate sulla Linea da 33 a 220. Ciascun numero è legato alla distanza zenitale z del Sole al meridiano dalla formula: $PC = 100 \cdot \tan(z)$. z è espresso anche in gradi sul lato Ovest della linea, ad esempio nella **foto dell'eclissi solare del 29 marzo 2006** si vede che $78 \approx 100 \cdot \tan(38^\circ)$.

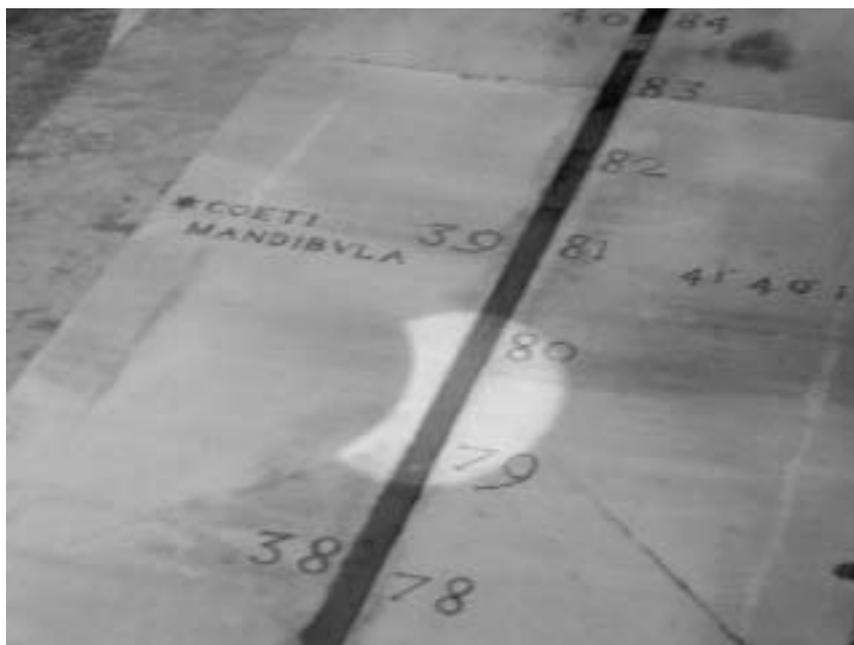


Fig. 6 – Il mezzogiorno solare del 29 marzo 2006 col sole in eclissi.

I mezzogiorno solare

È l'istante intermedio tra l'alba e il tramonto, e non capita quasi mai alle 12:00 del tempo civile (solo attorno al 4 dicembre), poiché questo istante dipende sia dalla longitudine del luogo che dalla stagione del-

l'anno che determina la durata del giorno solare vero il cui valor medio è 24 ore. Per sapere l'istante esatto del mezzogiorno solare, quando avviene il transito al meridiano, occorre conoscere l'equazione del tempo, che è rappresentata in questo grafico per la meridiana di Santa Maria degli Angeli.

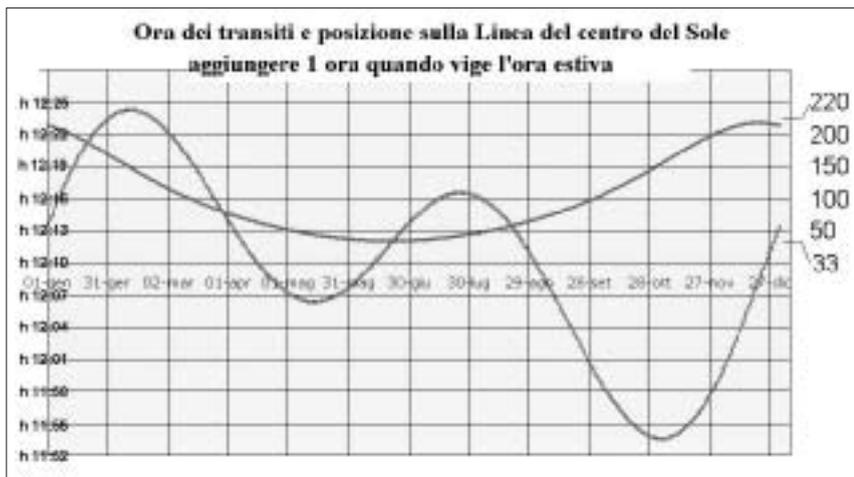


Fig. 7 – Ora dei transiti (a sinistra) e posizione sulla Linea del centro del Sole (a destra) aggiungere 1 ora quando vige l'ora estiva.

Ringraziamenti: allo studio di architettura M.C.M. srl di Monica Cola per la realizzazione della ricognizione topografia e astronomica della Linea Clementina fatta nei mesi di gennaio e febbraio 2006.

Un grazie speciale ad Alessandro Lupi di M.C.M. per le misure e le discussioni sulle medesime, condotte lungo vari mesi.

BIBLIOGRAFIA

- BIANCHINI F., *De Nummo et Gnomone Clementino*, Roma (1703)
- SIGISMONDI C., *Pinhole Solar Monitor Tests in the Basilica of Santa Maria degli Angeli in Rome*, *Int. Astronomical Union Symposym 233 Solar Activity and its Magnetic Origin*, V. Bothmer ed., Cambridge University Press (2006)

LA TORRE DEI VENTI IN VATICANO

Brevi cenni storici

La torre dei venti si trova al centro dell'ala occidentale del "corridore del belvedere" dove **Papa Alessandro VII** tra il 20 e il 26 dicembre 1655 ospitò la regina Cristina di Svezia da poco convertita al cattolicesimo e appena giunta a Roma. Più che a questo fatto di cronaca la fama e l'importanza della torre sono legate ad un avvenimento scientifico della massima importanza; l'edificio fu infatti costruito per ordine di **Gregorio XIII**, nel secolo precedente, allo scopo di perfezionare gli studi che il 24 febbraio 1582 condussero alla riforma del calendario.

Struttura dell'edificio

Nella sala principale, al primo piano, si conserva ancora oggi la meridiana con la quale l'astronomo **Egnazio Danti** (1536-1586) dimostrò a Papa Gregorio che l'equinozio astronomico di primavera non cadeva più il 21 marzo, data fissata dal *concilio di Nicea*, ma l'11 marzo Danti inoltre, installò nella sala un **anemografo** che diede il nome alla Torre: *dei venti*, appunto.



Fig. 1 – Soffitto della Torre dei Venti con l’anemografo del Danti.

La massa ragguardevole, 73 metri di altezza, ma un pò tozza dell’edificio è visibile dai giardini, dal cortile del Belvedere, da quello della Pigna e da quello della Biblioteca. In quest’ultimo spazio, nascosto agli occhi del grande pubblico, si conservano ancora tracce della preziosa decorazione graffita del tempo di **Sisto V** che ne rivestiva tre lati. I graf-

fiti furono eseguiti nel 1587 circa e sono in gran parte di Giovanni e Cherubino Alberti: i soli ancora leggibili sono quelli che ricoprono la facciata dell'archivio e raffigurano al primo piano una serie di figure allegoriche femminili, e, al secondo le "imprese" di Sisto V.

La Torre fu costruita tra il 1578 e il 1580 dal bolognese Ottaviano Mascherino che era subentrato al Longhi quale architetto di Palazzo. Non possediamo nessun disegno dell'architetto per questo edificio ma il suo aspetto originale ci è noto da una piccola veduta di Matteo Bril situata sopra alla porta della seconda sala, al secondo piano della torre. L'edificio attuale è molto mutato da quando fu eretto: scomparso è il tetto che ne slanciava la linea, nel prospetto, verso i giardini; occluse, per motivi di comodo le due logge che alleggerivano la facciata verso l'attuale cortile della biblioteca; scomparsa la lunga balaustra del passaggio scoperto che coronava la sommità della galleria delle carte geografiche, collegando l'antico palazzo apostolico alla torre, alla quale si poteva accedere per questa via, attraverso una porta che immetteva nella terza sala del primo piano.

L'aspetto un pò tozzo che la torre dei venti presenta attualmente è imputabile a queste modifiche, mentre in origine essa era l'elemento conclusivo, elegante ed arioso, dell'ala costruita al tempo di Gregorio XIII. L'edificio è costituito da un corpo rettangolare, disposto longitudinalmente sull'estremità nord della galleria delle carte geografiche, dal quale sporge un corpo quadrangolare soprastante il fabbricato dell'archivio e rivolto verso il cortile della biblioteca. Il corpo di fabbrica rettangolare è costituito da due piani e un ammezzato intermedio, collegati da scale sul lato verso i giardini, ciascuno diviso in due ambienti. Il corpo quadrangolare ha solo due piani, ciascuno con un ambiente che in origine era aperto a loggia sui lati est e nord: in quello al primo piano Danti collocò **la meridiana** a l'anemoscopio; al piano superiore la loggia, con un'apertura centinata al centro e due rettangolari ai lati, una specie di grande serliana, dava su un piccolo terrazzo probabilmente destinato alle osservazioni astronomiche.

Opere artistiche della meridiana

*Il restauro ripropone l'interesse della torre dei venti, un edificio tra i più illustri della città del Vaticano, eppure tra i meno conosciuti fatta eccezione, forse, per un ristretto numero di studiosi. Al di là del problema delle attribuzioni che andrebbe ormai almeno in parte rivisto, e dell'influsso che la decorazione della torre certamente ebbe sul paesaggio tardo cinquecentesco e dei primi del seicento, in particolare dei **Carac-***

ci, uno degli aspetti più suggestivi e meno studiati del complesso è quello del programma iconografico. Conosciamo quello della sala della meridiana, elaborato da Egnazio Danti nella sua veste di teologo oltre che di scienziato, il quale volle dare alla decorazione della sala, la possibilità di una lettura in chiave allegorica oltre che scientifica: egli scrive infatti: **“... a mezzogiorno ho fatto dipingere la barchetta di S. Pietro battuta dalle onde; dalla parte opposta ho messo il vento di tramontana che rappresenta gli eresiarchi nordici. Il vento percuote la rupe e di là fa uscire gli altri venti che ha sotto di sé perché si scatenino tutti contro quella santissima barca che tuttavia è difesa dalla presenza e dalla custodia del Salvatore che la conserva illesa in ogni tempesta. Nella parte occidentale ho pensato di far dipingere il naufragio di S. Paolo che appunto accade in oriente, per significare che non solo al nord ma anche dai venti degli eretici orientali è venuta ogni sciagura”**.

la volta fu affrescata con le *Allegorie delle Stagioni* da Matteino da Siena o dallo stesso Pomarancio. Nel 1891 Leone XIII istituì la Specola Vaticana e le assegnò come sede la Torre dei Venti, il cui tetto fu sostituito da un terrazzo piano per consentire le osservazioni astronomiche.

La torre dei venti rimarrà sempre collegata alla personalità di Egnazio Danti 1536-1586. Questo eminente Padre Domenicano ebbe la rara qualità di saper unire un gusto artistico non comune a una profonda conoscenza della astronomia, della cosmografia e dell'ingegneria. Già a Firenze, dove fu professore di matematica e cosmografo alla corte del granduca **Cosimo De' Medici** 1519-1574, si guadagnò una fama meritata per le sue pubblicazioni di astronomia e per le celebri carte geografiche che si ammirano nel palazzo Vecchio e che furono dipinte sotto la sua guida. Successivamente, mentre si trovava a Bologna, fece costruire la prima delle sue famose meridiane nella basilica di San Petronio. Chiamato a Roma nel 1580 come cosmografo pontificio e nominato membro della commissione per la riforma del calendario, poté svolgere con rinnovato impegno quell'attività scientifica e artistica che lo aveva reso famoso. Fu nominato Vescovo di Alatri dove convocò un sinodo diocesano, corresse molti abusi e mostrò grande sollecitudine verso i poveri. Poco prima della sua morte, papa Sisto V 1520-1590 lo convocò a Roma per sovrintendere alla costruzione di un grande obelisco nella piazza del Vaticano, che oggi funge anche da gnomone a partire dal 1817 con la meridiana sistemata per la pubblica utilità a proprie spese da Pietro Iaccarino, curatore della Fabbrica di San Pietro. Le circostanze erano allora particolarmente favorevoli, poiché la riforma imminente del calendario impegnava gli astronomi d'Europa e le menti migliori s'interessavano vivamente al problema.

Anemoscopio e meridiana nella torre dei venti

Al suo arrivo a *Roma* Danti fu subito incaricato di fornire i disegni e sovrintendere alla decorazione della Galleria detta “delle carte geografiche”, nei musei vaticani, e successivamente dovette sistemare e decorare la torre da poco costruita dal Mascherino, destinata a diventare la celebre Torre dei Venti. Danti trovò nel suo strumento chiamato “anemoscopio” una ricchissima ispirazione artistica. **L’anemoscopio** l’aveva ideato e costruito per la prima volta a Firenze nella Villa Delle Rose. Due altri ne fece eseguire a Bologna, uno dei quali per il Cardinale Paleotti (1522-1597). L’anemoscopio, fissato al soffitto della Sala della Meridiana, fu costruito dal Danti ricorrendo ad un complesso congegno meccanico per consentire la misurazione della direzione dei venti e quindi la loro identificazione; il meccanismo, però, smise di funzionare quasi subito.

La costruzione dello strumento del Danti è semplicissima: se sopra il tetto lo spazio è libero, basta erigere un’asta alla quale sono fissate, nella parte superiore, all’aria aperta, una banderuola e, all’interno, una freccia che a modo d’indice punta verso il nome del vento corrispondente. La stanza che contiene l’anemoscopio è splendidamente decorata da affreschi. I motivi pittorici furono minuziosamente studiati e scelti per illustrare le caratteristiche dei venti e delle stagioni dell’anno, servendo così da sfondo all’anemoscopio. E’ stato suggerito che anche **la celebre meridiana** tracciata sul pavimento di questa stanza sia stata concepita come parte integrante di un insieme legato all’anemoscopio.



Fig. 2 – La meridiana della Torre dei Venti.

La meridiana, che non è altro che una linea retta tracciata sul pavimento, parallela alla direzione Nord-sud, determinava infatti la direzione principale alla quale si riferiva la rosa dei venti. Ma soprattutto serviva ad illustrare la diversa altezza del Sole a mezzogiorno secondo la stagione dell'anno, causa della varietà del tempo meteorologico e dei venti predominanti. Questa supposizione viene corroborata dal fatto che i te-

mi puramente astronomici sono assenti dalla decorazione pittorica della stanza. E anzi, la meridiana tracciata sul pavimento è inserita in una grande rosa recante il nome di tutti i venti principali. La torre dei venti, come indica il suo nome, può essere considerata perciò una delle prime costruzioni fatte allo scopo di eseguire osservazioni meteorologiche.

La tradizione ha voluto vedere nella torre dei venti un vero e proprio osservatorio astronomico. Per vent'anni, dal 1800 al 1821, mons. **Filippo Gilio** fece osservazioni meteorologiche, geofisiche ed astronomiche con un cannocchiale. Gilio non ebbe successori e la torre tornò ad altri usi o fu abbandonata. Più tardi, quando **Papa Leone XIII** creò la Specola Vaticana il 14 marzo 1891, le diede come sede la torre. Per qualche tempo la torre dei venti ne ospitò uffici, biblioteca e diversi strumenti di astronomia, geofisica e meteorologia, ma era inadatta ai grandi strumenti moderni, e nel 1906 la Specola lasciò definitivamente la torre dei venti per occupare il torrione dei giardini vaticani, dove si trova Radio Vaticana. Infine nel 1932, a causa della crescente illuminazione del cielo di Roma la Specola fu trasferita a Castel Gandolfo.

L'attività astronomica nella torre è stata dunque sempre di breve durata. Si può parlare, come è stato scritto più volte, di osservazioni astronomiche eseguite con la meridiana allo scopo di determinare la lunghezza dell'anno tropico? O di osservazioni fatte per accertare il numero di giorni intercorrenti fra l'equinozio ufficiale e il giorno nel quale il Sole entra nel segno dell'Ariete? Oggi si ritiene che se Danti contribuì ai lavori della **riforma del calendario** con osservazioni astronomiche proprie, queste furono eseguite molto prima, a Firenze oppure a Bologna.

Il fatto è che quando i muratori incominciarono i lavori di costruzione della torre nel 1578, già un anno prima, nel 1577, papa Gregorio XIII aveva inviato ai principi cristiani e alle università europee il progetto di riforma del calendario nella forma successivamente approvata. La vera storia della riforma del calendario era incominciata molto tempo prima del 1578. I padri dei diversi concili e principalmente quelli del concilio di Trento avevano ricevuto dai sommi pontefici l'incarico di preparare un progetto di riforma del calendario; un compito che si era poi rivelato non facile. Famosissimi astronomi come il **Regiomontano** (pseudonimo di Johannes Müller 1436-1476) e **Nicolò Copernico** 1473-1543, furono invitati a recarsi a Roma.

Il calendario poi adattato fu ideato dal medico calabrese Luigi Giglio nato nel 1510 e morto nel 1576 prima della creazione della pontificia commissione per la riforma del calendario. Contrariamente forse alla volontà del Danti, la torre dei venti è stata tradizionalmente ricordata per la meridiana e i supposti lavori astronomici.

Uno dei contributi dello studioso alla astronomia fu lo sviluppo e la promozione di questi strumenti, utilissimi quando il cannocchiale non era conosciuto. Ispirandosi probabilmente alla antichissima meridiana che tuttora si vede nel duomo di Firenze, Danti cominciò i lavori per farne un'altra nella chiesa di *Santa Maria Novella* nella stessa città e quando successivamente costruì la prima delle celebri meridiane di San Petronio a Bologna.

Questa della torre dei venti fu la più perfetta adottando la forma definitiva che seguiranno i costruttori posteriori. Fin dalla remota antichità erano diffusi gli gnomoni in molte forme.

Il più semplice era un palo verticale oppure un obelisco al centro di una piazza. La direzione e la lunghezza dell'ombra proiettata sul piano davano non solo l'ora del giorno, ma fornivano preziose informazioni sulla stagione, sulla lunghezza dell'anno, e anche sulla latitudine geografica. Nelle meridiane costruite all'epoca di Egnazio Danti, non si faceva uso dell'ombra proiettata da un obelisco, ma del principio della camera oscura. I raggi di luce del Sole, attraversando un piccolo foro fatto nel muro meridionale della stanza, creano sul pavimento una immagine del Sole, ellittica perché il pavimento orizzontale forma col cono di luce un angolo acuto, il cui scopo era di misurare l'altezza del Sole a mezzogiorno secondo le stagioni meteorologiche.

Lo spessore del muro fa sì che l'immagine del Sole appaia soltanto in prossimità del meridiano. L'immagine solare ellittica si muove sul pavimento (in primavera con la velocità di 0.5 mm al secondo) e attraversa al momento del mezzogiorno locale la linea. Sui punti della meridiana corrispondenti ai giorni d'ingresso del Sole nei diversi segni zodiacali, è tracciata una piccola ellisse (all'equinozio è di 10 x 7.1 cm) della stessa dimensione dell'immagine del Sole.

Possiamo lecitamente immaginare l'ammirazione che provarono tutti coloro che visitarono la torre dei venti negli anni della riforma del calendario. Alla bellezza degli affreschi si aggiungeva un'erudita dissertazione di astronomia ammirevolmente illustrata con il passaggio del Sole per il meridiano. La necessità della riforma era più che evidente, giacché il 21 marzo l'immagine del Sole toccava la meridiana in un punto distante ben 60 cm da quello corrispondente al vero equinozio tracciato sul pavimento. Nonostante i piccoli errori nella direzione della meridiana e nella collocazione dell'ariete, gli sforzi del Danti servirono allo scopo proposto.

Anche oggi, dopo quattro secoli, l'osservazione del mezzogiorno sulla meridiana della torre dei venti resta interessante e non priva d'emozione.

BIBLIOGRAFIA

- F. MANCINELLI e J. CASANOVAS, *La torre dei venti in Vaticano*, Libreria editrice vaticana, 1980.
- S. JOHAN, *La sala della meridiana nella torre dei venti in Vaticano*, Libreria editrice Vaticana, 1938.
- D. EGNAZIO, *1536-1586: Perugino dell'ordine dei predicatori, il suo tempo e la sua opera di artista e di scienziato*, Testi di Giuseppe Capone. Arti grafiche Tofani, 1986.
- Archivio segreto vaticano, *Testi del card. Sodano*, casa editrice vaticana.
- C. JUAN, *Le meridiane romane: Danti nella Torre dei Venti e Bianchini in Santa Maria degli Angeli*, *Giornale di Astronomia* Vol. 32/1, marzo 2006. SAIIt Firenze.
- B. SIMONE, *I fori gnomonici di Egnazio Danti in Santa Maria Novella*, Polistampa, Firenze 2006.
- G. V. COYNE, *La Riforma Gregoriana del Calendario*, *Giornale di Astronomia* Vol. 32/1, marzo 2006. SAIIt Firenze.

LA MERIDIANA E LA RELATIVITÀ

Nei dati di Francesco Bianchini osservati tra il 1701 ed il 1703 alla meridiana di Santa Maria degli Angeli sono presenti effetti relativistici. L'identificazione di questi effetti testimonia l'estrema accuratezza nelle osservazioni dell'astronomo di Papa Clemente XI (Papa dal 1700 al 1721), e la bontà delle soluzioni tecniche adottate per l'ultimo grande osservatorio a foro stenopeico della storia dell'astronomia, quello di Santa Maria degli Angeli.

La precisione delle misure del Bianchini, tenendo conto di aberrazione stellare, nutazione e variazione secolare dell'obliquità dell'asse terrestre, risulta di 1 secondo d'arco nelle misure angolari ed inferiore al secondo di tempo: oltre 10 volte migliore di quanto fin'ora ritenuto in letteratura per questo strumento e questo contesto storico.

Introduzione

L'aberrazione stellare è il primo effetto relativistico ad essere stato scoperto: fu l'astronomo reale James Bradley nel 1727 ad identificarlo dal moto apparente della stella gamma Draconis. Bradley, aveva scelto di studiare quella stella proprio perché si trovava presso il polo nord dell'eclittica e quindi si trovava nella posizione migliore per mostrare l'effetto della parallasse prodotta dal moto orbitale della Terra rispetto alle stelle di sfondo.

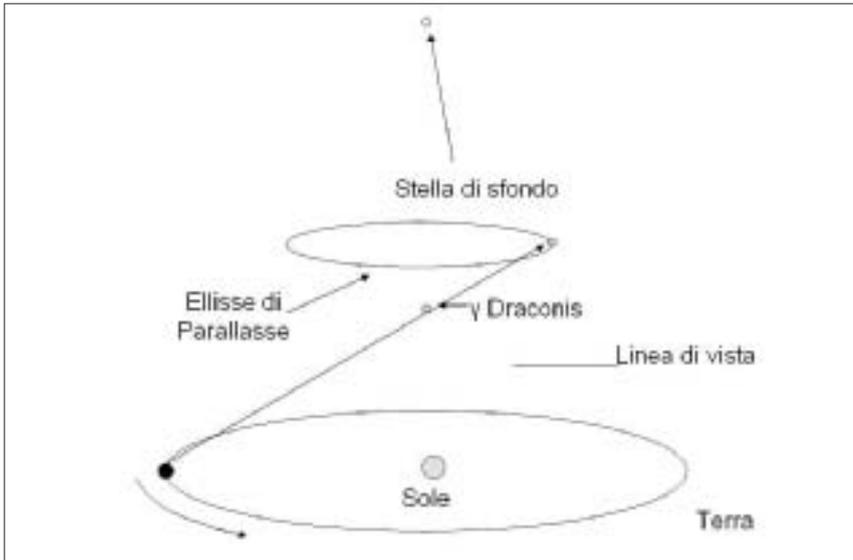


Figura 1 – La stella di sfondo è stata disegnata molto più distante della Gamma Draconis. L’ellisse di parallasse viene descritta dalla stella in esame rispetto alle stelle di sfondo seguendo la longitudine del Sole. L’ampiezza del semiasse maggiore di questa ellisse di parallasse dipende dalla distanza della stella e varrebbe 1 secondo d’arco se la stella fosse al 1 parsec, cioè 3.26 anni luce.

Bradley trovò invece che la stella in esame descriveva un’ellisse il cui semiasse era di oltre 20 secondi d’arco, ma non seguiva la longitudine del Sole, perciò non si trattava di parallasse. L’aberrazione descrive un’ellisse in ritardo di tre mesi rispetto a ciò che ci si aspetterebbe da un effetto di parallasse.

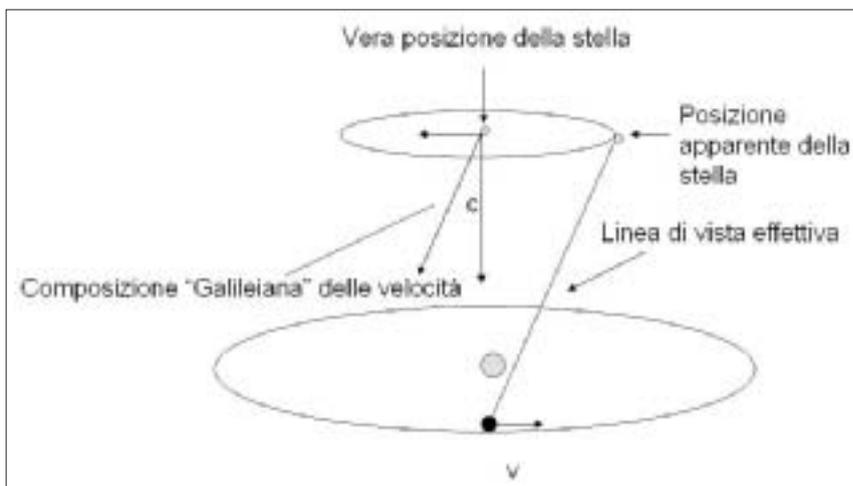


Figura 2 – L’ellissi di aberrazione oltre ad essere molto più grande di quella di parallasse, poiché non c’è neppure una stella tanto vicina da fare una parallasse di $1''$, è pure in ritardo di $1/4$ di orbita, ovvero 3 mesi, rispetto alla parallasse. Infatti la posizione apparente della stella di figura sarebbe raggiunta in parallasse 3 mesi prima, come in figura 1. Il vettore V indica la velocità orbitale della Terra e c è la velocità della luce.

Effetti dovuti all’aberrazione sono stati poi identificati nei dati osservativi di altri astronomi prima di Bradley, che però non erano riusciti ad identificarne la sistematicità. Tra questi troviamo Jean Picard che nel Voyage d’Uranibourg (1680) riferì che la stella Polare mostrava oscillazioni nella sua posizione fino a $40''$ annui, così come riferì il primo astronomo reale di Greenwich, John Flamsteed nel 1689. Robert Hooke aveva già notato nel 1674 che la Gamma Draconis in Luglio era $23''$ più a Nord rispetto ad Ottobre.

I dati di Roma a Santa Maria degli Angeli sono i primi da cui emerge l’effetto attraverso misure sia temporali che di immagini. Quelle delle immagini riguardano la stella Polare e l’aberrazione in declinazione, mentre quelle temporali riguardano Sirio e l’aberrazione in ascensione retta. Sirio fu osservata anche di giorno tra giugno e luglio del 1703.

Calcolo della posizione di Sirio nel 1703 (moto proprio e precessione)

La precessione degli equinozi ha come effetto lo spostamento dell’equinozio tra le stelle di $50''$ all’anno. Per Sirio, che non è lontana dall’eclittica, la sua longitudine eclitticale in 300 anni cambia di circa $250'$,

cioè più di 4° . In ascensione retta, una volta proiettata questa differenza di coordinate sull'equatore celeste, agli angoli corrispondono dei tempi, secondo la proporzione $86400 \text{ s} = 360^\circ$. Dunque 4° corrispondono a 16 minuti di differenza negli istanti del transito al meridiano.

Tuttavia prima di fare il calcolo della precessione, che è senz'altro il contributo maggiore, occorre tenere conto del moto proprio della stella, che in ascensione retta vale più di $0.5''$ all'anno, ed in 300 anni dà $150''$, cioè 10 secondi di tempo di cui tenere conto nel computo degli istanti del transito al meridiano di 300 anni fa. Sirio si trova a 8.3 anni luce, perciò ha un moto proprio rilevante: dopo il sistema di Alfa Centauri, Sirio è la stella luminosa più vicina a noi.

La procedura completa è applicare il moto proprio di Sirio alle coordinate dell'equinozio 2000, e poi su queste nuove coordinate applicare la precessione. I risultati di questi calcoli danno:

ascensione retta		Declinazione
Equinozio 2000.0	6 h 45 m 8.9 s	$-16^\circ 42' 58''.0$
- moto proprio di 303 anni	6 h 45 m 20.2 s	$-16^\circ 36' 58''.3$
Equinozio 1703.0	6 h 32 m 03.3 s	$-16^\circ 20' 16''.9$

La parallasse geometrica, pur essendo una delle maggiori osservabili ($0.374''$) data la vicinanza della stella, non influisce per più di 0.03 s in ascensione retta e $0.06''$ in declinazione.

Calcolo della posizione della Polare nel 1701 (precessione)

Per la stella Polare sia la parallasse che il moto proprio sono molto piccoli. In 305 anni il moto proprio vale 0.9 s in ascensione retta e solo $1.22''$ in declinazione. La parallasse, 53 volte più piccola, mostra che la Polare è 53 volte più lontana di Sirio da noi. La precessione è l'effetto che conta di più.

ascensione retta	Declinazione	
Equinozio 2000.0	2 h 31 m 50.5 s	$89^\circ 15' 51''.0$
-moto proprio di 305 anni	2 h 31 m 49.6 s	$89^\circ 15' 52''.2$
Equinozio 1701.0	0 h 35 m 42.7 s	$87^\circ 41' 52''.7$

Calcolo dell'aberrazione annua per Sirio e la Polare nei rispettivi periodi di osservazione

Si usano le formule

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta\alpha = \alpha' - \alpha = -K \frac{\sin \alpha \sin \lambda_0 + \cos \varepsilon \cos \alpha \cos \lambda_0}{\cos \delta} \\ \Delta\delta = \delta' - \delta = -K(\sin \varepsilon \cos \delta \cos \lambda_0 + \cos \alpha \sin \delta \sin \lambda_0 - \cos \varepsilon \sin \alpha \sin \delta \cos \lambda_0) \end{array} \right.$$

dove le coordinate con l'apice sono quelle aberrate, quelle senza apice sono quelle calcolate al momento delle osservazioni (1701-1703) e è la longitudine vera del Sole nel giorno richiesto (vale 0 il giorno dell'equinizio di Primavera e poi cresce di circa 1° al giorno). $K=20.49''$ è la costante di aberrazione solare.

Poiché per la stella Polare le misure di Bianchini riguardano solo la declinazione, usiamo la seconda formula relativa a delta, mentre per Sirio usiamo la prima, relativa alle ascensioni rette (alfa) visto che abbiamo i dati dei transiti al meridiano.

L'aberrazione in declinazione è positiva per la Polare nella prima decade di gennaio del 1701 e vale $+20.18'' \pm 0.19''$.

L'aberrazione in ascensione retta per Sirio l'8 gennaio 1703 vale $+21.04''$, mentre tra il 26 giugno e l'11 luglio 1703 vale $-21.03'' \pm 0.28''$. 21'' corrisponde ad un arco di 1.4 s di ascensione retta. Dunque in Inverno il transito avviene 1.4 s dopo, mentre in estate 1.4 s prima rispetto alla posizione media della stella non perturbata dall'aberrazione.

Calcolo della nutazione

L'altra ragione per cui le coordinate apparenti delle stelle possono cambiare è la nutazione dell'asse terrestre. Considerando solo il termine periodico di 18.6 anni, che dà il contributo percentualmente maggiore alla nutazione, risultano i seguenti valori (in coordinate eclittiche):

5/1/1701 (per i dati della Polare)	Delta epsilon=-7.8" Delta psi=-9.2"
8/1/1703 (Sirio in inverno)	Delta epsilon=-3.0" Delta psi=-16.3"
8/1/1703 (Sole in inverno)	Delta epsilon=-3.0" Delta psi=-16.2"
3/7/1703 (Sirio d'estate)	Delta epsilon=-1.5" Delta psi=-16.9"
3/7/1703 (Sole d'estate)	Delta epsilon=-1.5" Delta psi=-16.9"
21/6/2006 (Solstizio d'estate)	Delta epsilon=9.2" Delta psi=0.0"

Trasformando queste variazioni in coordinate equatoriali (declinazione ed ascensione retta) si ottengono i seguenti valori con cui correggere i tempi di transito al meridiano e le declinazioni osservate.

5/1/1701 (per i dati della Polare)	Delta alfa=169.0" Delta delta=-4.8"
8/1/1703 (Sirio in inverno)	Delta alfa=-12.9" Delta delta=-2.1"
8/1/1703 (Sole in inverno)	Delta alfa=-17.8" Delta delta=0.7"
3/7/1703 (Sirio d'estate)	Delta alfa=-13.5" Delta delta=-0.6"
3/7/1703 (Sole d'estate)	Delta alfa=-18.5" Delta delta=-0.3"
21/6/2006 (Solstizio d'estate)	Delta alfa=0.0" Delta delta=9.2."

Dati di Bianchini sulla Polare

Bianchini nella prima decade di gennaio del 1701 trovò la latitudine della Meridiana pari a $41^{\circ} 54' 27''$, e fece poi incidere nel marmo della meridiana boreale il valore arrotondato di $41^{\circ} 54' 30''$. Il dato era stato pure corretto per la rifrazione "cassiniana" dovuta all'atmosfera.

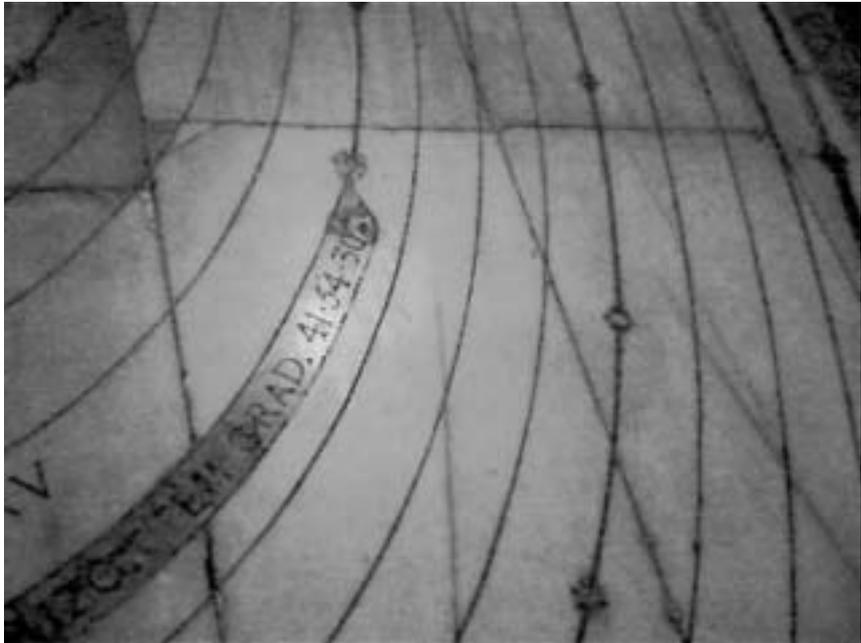


Fig. 3 – Latitudine della meridiana incisa tra le proiezioni delle orbite della Polare ad ogni anno giubilare, dal 1700 al 2500.

Ebbene questo risultato è stato ottenuto con le seguenti componenti di aberrazione e nutazione $+20.2''$ e $-4.8''$, che alzavano il Polo apparente di $15''.4$.

Sottraendo tale valore a $41^\circ 54' e 27''$ si ottiene $41^\circ 54' 11.6''$.

Col GPS (Garmin II Plus) ho misurato la latitudine del foro stenopeico nel 2006 con 4-6 satelliti ottenendo $41^\circ 54' 11.2'' \pm 0.1''$.

In ottimo accordo con le misure di Bianchini.

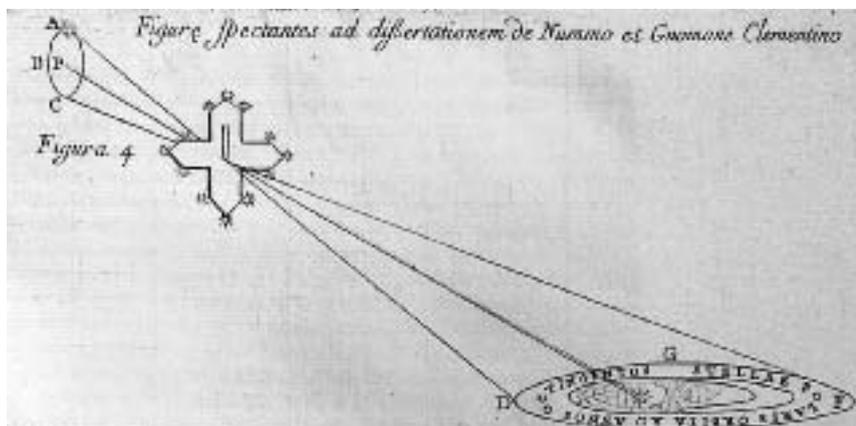


Fig. 4 – Proiezione della retta Polare-Telescopio sul pavimento della Chiesa, attraverso il mirino dello gnomone boreale.

Dati di Bianchini su Sirio

Le misure temporali di Bianchini venivano effettuate con un orologio a pendolo che segnava il secondo, e confrontate con i transiti delle stelle al meridiano. In questo modo, anche se le durate dei giorni siderali non erano sempre costanti, era sempre possibile tarare l'orologio con le stelle ed avere giorno per giorno l'effettiva durata media del secondo battuto dall'orologio.

Nel periodo tra giugno e luglio 1703 l'orologio perdeva solo 0.83 s al giorno, mentre nel gennaio 1703 anticipava di 24.6 secondi al dì.

Rispetto ai dati calcolati il transito estivo di Sirio accade sistematicamente 10.9 ± 1.4 s dopo. Una piccolissima parte è dovuta all'aberrazione stellare, mentre il grosso dipende da un azimut della Linea Meridiana leggermente verso Est.

La differenza tra l'aberrazione Solare e quella di Sirio è di $0.54''$, cioè 0.04 s che Sirio ritarda rispetto al Sole per l'aberrazione, e così la nutazione agisce quasi identicamente sulle coordinate dei due astri.

Alla declinazione di Sirio ($-16^{\circ}20'$ nel 1703), la velocità di transito sulla linea meridiana è di 2.7 mm/s, per cui tra il solstizio d'Estate e la declinazione di Sirio la deviazione verso Est della Linea è di 29.4 ± 3.8 mm. Ciò corrisponde ad un azimut della Linea di $3^{\circ} 54'' \pm 30''$ verso Est.

Estrapolando questa deviazione fino al punto in cui il Sole attraversa la linea meridiana l'8 gennaio si ottiene 39.7 ± 3.8 mm. L'8 gennaio la velocità di transito è 3.13 mm/s, per cui il Sole è in ritardo di 12.68 s, men-

tre Sirio sempre di 10.6 s di base. Poi la nutazione dà ulteriori -4.9" in ascensione retta, cioè 0.33 s di anticipo per il passaggio di Sirio, e la differenza di aberrazione col Sole ne dà +41.53" che sono 2.77 s di ritardo. Il bilancio finale è di 13.04 s di ritardo per Sirio e 12.68 per il Sole. L'intervallo tra i transiti di Sirio e del Sole deve mostrare un ritardo complessivo rispetto ai dati non aberrati di 0.36 s. Ciò che si trova è esattamente 0 nella differenza tra gli intervalli tra i transiti calcolati ed osservati.

Conclusioni

Tanto nella latitudine, quanto nelle misure temporali dei transiti di Sirio, Francesco Bianchini aveva misurato gli eventi con la massima precisione. Inferiore al secondo d'arco nella latitudine ed inferiore al secondo temporale nei transiti.

Le osservazioni estive di Sirio venivano condotte in pieno giorno, con l'accorgimento di oscurare l'interno della chiesa con tende sull'esterno delle vetrate, a pochi minuti di distanza dal transito del Sole al meridiano. Nonostante la difficoltà oggettiva di un'osservazione di questo tipo le misure erano assai precise.

Questa accuratezza era la migliore possibile a quell'epoca e le misure dei transiti consecutivi di Sirio e del Sole hanno consentito di ricostruire l'azimut della Linea meridiana prima del restauro del pavimento ad opera del Vanvitelli a metà settecento.

Possiamo affermare con buona certezza che il valore medio di quest'inclinazione è rimasto costante fino ad oggi, nonostante i vari interventi di restauro.

L'aberrazione stellare e la nutazione sono gli effetti che spiegano le discrepanze tra le misure di Bianchini basate sulle stelle e quelle attuali basate sul GPS.

Questo studio è il primo che mette in evidenza la precisione all'arco-secondo raggiunta ai primi del settecento a Roma dall'astronomo pontificio. Una precisione pari a quella dei migliori osservatori dell'epoca: Parigi e Greenwich, che avrebbe potuto consentire a Bianchini di scoprire nutazione e aberrazione con un trentennio di anticipo.

BIBLIOGRAFIA

C. BARBIERI, *Lezioni di Astronomia*, Zanichelli, Bologna 1999

J. MEEUS, *Astronomia col Computer*, Hoepli, Milano 1975

F. BIANCHINI, *De Nummo et Gnomone Clementino*, Roma, 1703

E. C. EPHEMVA DOWNEY, *Software per l'astronomia freeware*, 1992

LA MERIDIANA DI AUGUSTO A MONTECITORIO

Sommario

l'Horologium di Augusto a Campo Marzio, aveva come gnomone l'obelisco di Psammetico II, bottino di guerra di Ottaviano Augusto, ed occupava un'area lastricata di 160 metri di larghezza Est – Ovest per 75 metri Nord – Sud. I terremoti e le alluvioni ne fecero sparire col tempo le tracce fino al ritrovamento da parte di Benedetto XIV ed al ripristino come meridiana nel suo attuale luogo in Piazza di Montecitorio sotto Pio VI nel 1792.

Il recente (1998) restauro della piazza e dei marmi della linea meridiana ne hanno conservato la funzionalità, da me accertata entro 1 secondo di precisione.

La lunga storia dell'Horologium Augusti ci fornisce una chiave di lettura unica della storia della scienza e del pensiero dei romani.



Fig. 1 – L'obelisco – gnomone della meridiana di Augusto ed il palazzo del Parlamento.

La Scienza dei Romani e l'Horologium di Augusto

Nel 10 a. C. Augusto fece trasportare da Heliopolis (Egitto) a Roma due obelischi: quello che ora si trova a Piazza del Popolo, che mise sulla spina del Circo Massimo, ed il più piccolo, di Psammetico II (594-588 a. C.) fu collocato come gnomone dell'Horologium Solare al centro del Campo Marzio.

Lo strumento era un vastissimo impianto costruito nel 10 a. C. da Mecenate su una platea di 160 m x 75 m pavimentata con lastre di travertino.

Di questo grandioso strumento ci restano delle testimonianze di Plinio il Vecchio (23-79 d. C.), che nello stile compilativo della sua monumentale opera, le "Naturales Quaestiones" non fornisce una, ma diverse spiegazioni del fatto che al suo tempo l'horologium già non funzionava più correttamente.

"Il divo Augusto attribuì una mirabile funzione all'obelisco che è nel Campo Marzio, cioè quella di catturare l'ombra del Sole e di determinare la lunghezza dei giorni e delle notti. Realizzò di conseguenza un pavimento di lastre di ampiezza proporzionale all'altezza dell'obelisco, in modo che l'ombra fosse pari a questo lastricato alla sesta ora (cioè a mezzogiorno) del solstizio d'inverno, e, a poco a poco, giorno dopo giorno, diminuisse e poi aumentasse di nuovo, indicata dalle regole di bronzo inserite nel pavimento. Fatto degno di essere conosciuto, opera dell'astronomo Facondo Novio. Costui aggiunse al culmine dell'obelisco un globo dorato, sulla cui sommità l'ombra si raccoglieva in sé stessa, in modo da evitare che l'apice proiettò un'ombra troppo grande: prendendo in questo ispirazione, a quanto si dice, dalla testa umana. L'orologio ormai non funziona più da quasi trent'anni, sia che il Sole abbia cambiato corso per qualche legge celeste, sia che la Terra intera si sia alquanto spostata dal suo centro, sia che lo gnomone, in seguito a terremoti, si sia piegato, oppure che le inondazioni del Tevere abbiano provocato un cedimento delle fondazioni, benché si affermi che queste furono costruite per una profondità adeguata al peso sovrapposto."

Plinio gradua le ipotesi in ordine di probabilità crescente, ma si capisce che non prende una posizione precisa sull'argomento, poiché non ne è evidentemente esperto.

I testi di successo nell'epoca romana erano queste grandi compilazioni, vere enciclopedie del sapere, di spunto pratico, senza il rigore della teoria e della scienza alessandrina, a cui del resto erano ispirati.

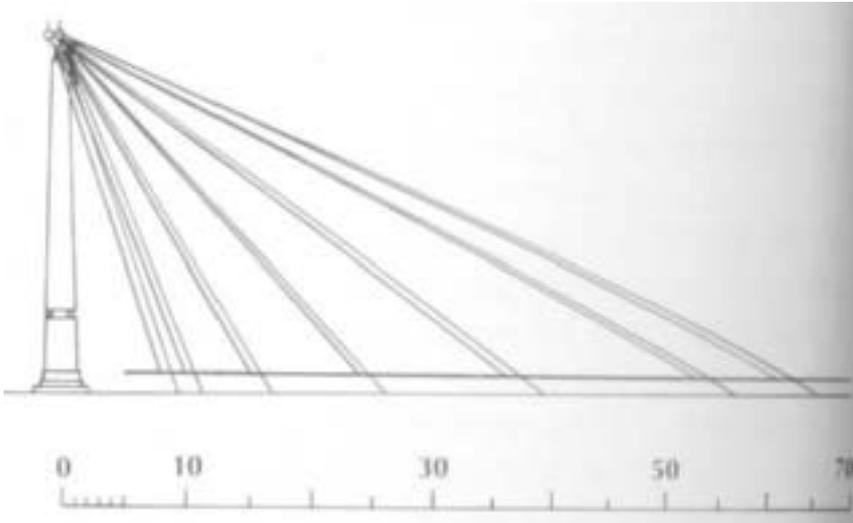


Fig. 3 – Variazioni di livello dall'epoca Augustea a quella Domiziana del piano meridiano. Lunghezze espresse in metri (da Buchner, 1984).



Fig. 4 – porzione della linea meridiana in corrispondenza del 24 agosto, con l'indicazione che i venti Etesii cessano: ΕΤΕΣΙΑΙ PAUONTAI.

Presso le *regole* di bronzo, citate da Plinio, sono state ritrovate delle scritte in greco, che descrivono i segni zodiacali ed i venti stagionali del Mediterraneo orientale: il 7 Maggio come data di inizio dell'estate ed il 24 agosto come data per la cessazione dei venti Etesii. Questi reperti della linea meridiana si trovano nelle cantine di uno stabile al numero 48 di via Campo Marzio, a 6 metri e 30 cm di profondità, mentre il livello augusteo (posizione originale dell'Ara Pacis) è oggi ad 8 metri di profondità. Ciò è in accordo con il restauro posteriore dello strumento da parte di Domiziano.

Quelle dei venti Etesii sono informazioni ridondanti per un romano antico, ma ne attestano la sua vocazione cosmopolita, che si realizzava nel grandioso porto esagonale di Traiano, immediatamente a Nord di Ostia Tiberina, nella cui rada potevano attraccare 600 navi, che assicuravano l'approvvigionamento dell'Urbe. L'uso del greco e di quelle informazioni mostra però anche la chiara matrice ellenistico-alessandrina che stava dietro a quel tipo di monumento.

Nel Campo Marzio (al posto delle chiese "gemelle" di Piazza del Popolo) c'erano anche due piramidi (a Roma ce n'erano altre due: una presso il Vaticano riprodotta anche da Giotto nella pala d'altare con la crocifissione di S. Pietro conservata alla pinacoteca Vaticana, questa piramide fu distrutta nel '400, e quella di Caio Cestio tutt'ora esistente), che nacquero sull'onda della moda egittizzante che si diffuse a Roma subito dopo la conquista dell'Egitto ad opera di Ottaviano nel 30 a. C.. Ad Alessandria d'Egitto le piramidi dei Tolomei circondavano il mausoleo di Alessandro Magno.

L'aggiunta dell'obelisco faraonico completava la citazione architettonica augustea del modello Alessandrino.

Ecco un altro motivo per copiare il modello ellenistico alessandrino, senza fare neppure il tentativo di adattarlo a Roma.

Nei giorni degli Equinozi, prima del tramonto, l'obelisco gettava la sua ombra sull'altare dell'Ara Pacis, che in antichità era collocata nei pressi dell'attuale via del Corso, ad Est dell'obelisco.

Il 23 settembre, equinozio di autunno, era anche il compleanno di Augusto.

L'obelisco rimase in piedi fino al 1048 quando un forte terremoto lo fece crollare, rompendosi in 5 pezzi. Le inondazioni del Tevere lo ricoprirono gradualmente di detriti.

Nel 1463 i lavori per una cappella in San Lorenzo in Lucina avevano rivelato un pavimento con linee dorate (i regoli di bronzo citati da Plinio) e di mosaici con le rappresentazioni dei venti. Nel 1502 sotto Giulio II venne scoperta la base dell'obelisco, con la stessa iscrizione di quello del Circo Massimo "L'imperatore Cesare Augusto, figlio del Di-

vo Giulio, pontefice massimo, imperatore per la dodicesima volta, console per l'undicesima, rivestito per la quattordicesima volta del potere tribunizio, dopo aver assoggettato l'Egitto al dominio del popolo romano dedicò (questo obelisco) al Sole". L'iscrizione di papa Benedetto XIV Lambertini nella piazza del Parlamento ricorda il rinvenimento dell'obelisco sotto il suo pontificato nel 1748.

Enciclopedisti e Poeti: la scienza che sopravvisse nella storia

Tornando alle descrizioni approssimative di Plinio sulle possibili cause del malfunzionamento dello gnomone augusteo, viene in mente come ancora Copernico nel '500 cercasse argomentazioni d'autore sul moto della Terra intorno al Sole nella letteratura poetica classica.

Il dottissimo Virgilio (70-19 a. C.) era citato (le *Georgiche*) con altrettanta riverenza da Dungal nel IX secolo, dotto della scuola carolingia operante a Bobbio, e a metà del XIII secolo dall'autore della Sfera, Giovanni di Sacrobosco.

Queste circostanze ci mostrano come i testi che oggi definiremmo di "scienze dure" non sono sopravvissuti al tempo quanto piuttosto alcune loro scintille riprese da "divulgatori" di successo, e cioè questi autori di manuali o enciclopedie, o meglio ancora dai poeti.

Questa tendenza non è peculiarità del mondo romano, infatti già nel mondo ellenistico abbiamo il prevalere dei grandi compilatori di enciclopedie, come Posidonio (135-51 a. C.) e Strabone (63 a.C.-21 d. C.), rispetto ai fondatori delle scienze che la stessa scuola Aristotelica cominciò a sistematizzare anche da un punto di vista storico.

È davvero rimarchevole come del grande astronomo Ipparco (ca. 190- ca. 127 a.C.) sia quasi tutto andato perduto in originale, tranne il suo commento su Arato, poeta del IV secolo a. C. (ca. 315-239 a. C.) che ha mietuto enorme successo con il suo poema cosmologico basato su Eudosso di Cnido (ca. 406-355 a.C. che aveva studiato astronomia ad Eliopoli in Egitto e matematica e medicina sotto l'influenza dei pitagorici e di Platone).

Arato (Fenomeni, 5) viene citato persino nel Nuovo Testamento da San Paolo "In lui (Dio) infatti viviamo, ci muoviamo ed esistiamo, come anche alcuni dei vostri poeti hanno detto: Poiché di lui stirpe noi siamo" Atti 17, 28.

A Roma, nonostante Catone fosse stato contro il circolo filo-ellenistico degli Scipioni, il successo di Varrone (116-27 a. C.) e di Cicerone (106-43 a. C.) come "divulgatori" scientifici ante-litteram si deve alle loro fonti ellenistiche.

La riforma Giuliana del Calendario

Questo obelisco può essere considerato anche la monumentalizzazione della riforma del Calendario voluta da Giulio Cesare e realizzata sui calcoli dell'astronomo alessandrino Sosigene nel 46 a. C. Solo un anno fatto di 365 giorni ed 1/4 può consentire la corretta lettura dell'ombra meridiana dello gnomone in chiave stagionale, e fissare dei giorni ben precisi dell'anno per eventi che dipendono dall'altezza del Sole sull'orizzonte.

Si tratta della riforma calendariale civile più importante dell'antichità, che fu accolta anche dalla Chiesa nel computo della Pasqua al Concilio di Nicea del 325 e rimase in vigore fino al 1 ottobre 1582, quando entrò in vigore la riforma del Calendario promulgata da Papa Gregorio XIII.

Misure alla Meridiana

L'Ultimo restauro completato il 7 giugno 1998 ha restituito alla meridiana di Augusto la sua funzionalità, già ripristinata da Giovanni Antinori nel 1792 sotto il pontificato di Pio VI, Papa Braschi. L'Antinori aveva collocato sopra l'obelisco restaurato di granito rosso alto 22 metri un globo di bronzo forato, recante lo stemma del Papa dotato di un foro stenopeico.

Così nell'ombra dell'obelisco si veniva a produrre una tenue immagine stenopeica, bisecata dalla linea meridiana al mezzogiorno solare.

Con il globo ed il basamento lo gnomone è alto 29 metri.

Sebbene un'interpellanza parlamentare dell'on. Turrone del 18 maggio 1998, discussa poi il 6 ottobre dello stesso anno in parlamento, abbia sollevato dubbi sulla correttezza di un restauro che di fatto ha aggiunto elementi non preesistenti allo strumento, non posso che considerare con favore la presenza di uno strumento così maestoso ed insigne per antichità.

Nel mese di agosto 2006, con il permesso delle autorità deputate alla sicurezza della Camera dei Deputati ho potuto verificare la funzionalità dell'attuale strumento cronometrando gli istanti del transito dei lembi del Sole osservati con una diottra al centro della linea meridiana.



Fig. 5 – Il canaletto, largo un dito, che giace sulla linea meridiana dell'obelisco dell'horologium augusteo. La foto è presa proprio sui punti equinoziali: a sinistra quello di autunno, col transito del Sole alle 12:03 (13:03 ora legale) quello di destra è l'equinozio di primavera, col transito solare alle 12:17. Il Sole passa anche dai Pesci all'Ariete, simboleggiato dal segno γ .

Poiché la linea meridiana proseguirebbe dentro il palazzo del Parlamento, è possibile assistere al transito dell'immagine solare nell'ombra dell'obelisco solo tra fine marzo e fine settembre.



Fig. 6 a-b. – Il Sole al momento del transito al meridiano di Montecitorio: $12^{\circ} 28' 43.2''$ Est $41^{\circ} 54' 02.9''$ Nord. Il foro stenopeico nel globo sommitale appare illuminato.



Fig. 7 – L'immagine stenopeica del Sole al transito al meridiano il 5 agosto 2006. L'estremo superiore dell'ombra indica il giorno. Tra una tacca di bronzo e l'altra ci sono circa 7 giorni e mezzo. Qui l'ombra cade circa 17 giorni dopo il 21 luglio (ingresso del Sole nel Leone).



Fig. 8 – Poiché la macchia di luce stenopeica è molto poco contrastata ai bordi, si è preferito cronometrare l'immagine del Sole vista attraverso il foro stenopeico riflessa da uno specchio posto nel canaletto meridiano ed osservata attraverso un forellino in asse con la meridiana. Il forellino è situato dove indica la freccia in figura, ed è provvisto di un filtro Kodak Wratten 38A blu, che attenua la luce solare riflessa dallo specchio sottostante.

La precisione della Meridiana di Augusto oggi

Tenendo conto di tutti i possibili errori di misura (principalmente quelli di allineamento con la linea meridiana, e quelli della valutazione dell'istante di sparizione del lembo solare ad occhio nudo, non essendo possibili riprese video) valutabili entro al massimo ± 2 s, mediando su 4 transiti dall'8 al 13 agosto 2006, lo gnomone augusteo oggi non presenta ritardi sul tempo di transito al meridiano del luogo: il risultato dà 0.0 ± 2.0 secondi in perfetto accordo con i calcoli.

Se Plinio il Vecchio fosse vissuto ai nostri giorni avrebbe probabilmente riferito che la meridiana non funziona più correttamente dopo l'ultimo restauro, come, infondatamente, si vocifera. Probabilmente queste voci sono una conseguenza della succitata interpellanza parlamentare, che riguardava piuttosto l'idea di restauro che la qualità del lavoro svolto.

Questo strumento invece è stato messo a punto a regola d'arte, e la mia ricognizione ha confermato il perfetto funzionamento dello gnomone di quello che fu l'antico *horologium* di Augusto.

BIBLIOGRAFIA

- W. H. STAHL, *La Scienza dei Romani*, Laterza (Bari) 1974
- A. KOYRÉ, *Dal Mondo del Pressappoco all'Universo della Precisione*, Einaudi (Torino) 2000
- F. COARELLI, *Roma Sepolta*, Curcio (Roma) 1984
- N. COPERNICO, *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, Classici UTET (Torino) 1979
- N. COPERNICO, *De Revolutionibus Orbium Coelestium – La Costituzione Generale dell'Universo*, a cura di A. Koyré, Einaudi (Torino) 1975
- PLINIO IL VECCHIO, *Naturales Quaestiones*, XXXVI 72
- A. TRENTIN, *I meravigliosi segni del tempo della "meridiana di Augusto"*, *L'osservatore Romano*, 12-1-2006 p. 9.
- E. BUCHNER, *Die Sonnenhur des Augustus*, Mainz am Rhein 1984

PROSPETTIVE: IL RESTAURO DEL FORO CLEMENTINO DELLA MERIDIANA DI SANTA MARIA DEGLI ANGELI

Il foro Clementino, posto a 20.344 metri di altezza, all'esterno della parete meridionale della Basilica, dà luce alla grande Meridiana del 1702.

Il Canonico veronese Francesco Bianchini, segretario della Commissione del Calendario, realizzò l'intero strumento per volontà di papa Clemente XI.

L'ultimo restauro risale all'anno 2000, ma il foro stenopeico, che costituisce l'obbiettivo di questo formidabile strumento di astrometria di alta precisione, non fu restaurato.

Attualmente la finestra è chiusa da oltre 200 anni, ed il foro è stato manomesso più volte, compromettendo l'accuratezza e la confrontabilità delle misure a secoli di distanza.

Il ripristino dell'antica funzionalità richiede la sensibilizzazione della soprintendenza ai beni culturali, e di enti finanziatori del progetto. Quanto agli studi sui parametri necessari i risultati dei miei studi stanno aparendo su riviste scientifiche internazionali.

In questa sede propongo di restaurare il foro Clementino con un sistema a *revolver* con fori coassiali, per poter tornare ad usare la meridiana sia col Sole che con le stelle, con livelli di precisione del secondo d'arco.

Restauri recenti della Meridiana

Il restauro della Linea Meridiana di Santa Maria degli Angeli, completato nell'anno 2000, ha riguardato i marmi e le incisioni con la misura delle parti centesime dell'altezza del foro gnomonico, ed i nomi delle stelle.

Queste incisioni erano scomparse in seguito al calpestio secolare della gente e soprattutto ad un precedente intervento di restauro del 1965, dove i marmisti avevano letteralmente cancellato queste informazioni. Nel luglio 1965 sul giornale *Il Tempo* è comparso un articolo intitolato "Marmisti incauti in Santa Maria degli Angeli cancellano la meridiana del Bianchini".

Sebbene alcuni nomi di stelle siano nelle posizioni sbagliate (ad esempio la stella del piede dei Gemelli, *Pes Geminorum*, è collocata nella parte della meridiana relativa ai segni australi, mentre dovrebbe essere vicino al segno del Cancro) si può dire che il restauro del 2000 abbia ben ripristinato l'aspetto estetico della Meridiana, gettando solide premesse per una ripresa delle attività scientifiche mediante questo prezioso strumento.

La caratteristica più importante di questo glorioso strumento, da un punto di vista scientifico, è la stabilità delle mura in cui il foro gnomonico è stato praticato. Questo rende le misure del '700 confrontabili direttamente con quelle attuali, poiché l'altezza del foro gnomonico è rimasta invariata.

Tuttavia anche la sua posizione e forma devono essere fissate, ed invece sono state cambiate nel corso del tempo diverse volte.

Anche la soluzione attuale è stata provvisoriamente ottenuta da Mario Catamo e Cesare Lucarini, che hanno coperto con una maschera munita di un singolo foro da 15.3 mm di diametro, la lastra di bronzo in cui erano stati praticati due fori che funzionavano contemporaneamente producendo un'immagine stenopeica del tutto fasulla. Questo accadeva ancora nel 2000.

Già Catamo e Lucarini hanno scritto della necessità di un restauro del Foro Gnomonico e della finestra e della nicchia esterna in cui è alloggiato.

Con questo nuovo foro, provvisorio, Catamo e Lucarini hanno consentito la ripresa delle attività scientifiche con la Meridiana documentando gli equinozi e i solstizi dal 2001 in poi.

Il 10 marzo del 2005, in vista dell'equinozio che cadeva 1 ora dopo il transito nella seguente Domenica delle Palme, Catamo e Lucarini hanno ripristinato la pervietà del canale che descrive la verticale del foro gnomonico, che era risultato ostruito da materiale lasciato lì durante dei lavori all'impianto elettrico della Chiesa.

In questo modo un filo a piombo oggi descrive la verticale al foro, e consente di intraprendere le misure angolari entro un secondo d'arco di accuratezza.

Misure astro-topografiche

Con l'aiuto di Alessandro Lupi dello studio di architettura M.C.M. di Monica Cola, abbiamo misurato con una stazione totale LEICA TCR 703 vari parametri geometrici della meridiana tra cui l'altezza e la proiezione del foro gnomonico e l'azimut medio della Linea dal piede della verticale al Capricorno.

Sequenze di fotogrammi ad alta risoluzione dei transiti del Sole attorno ai solstizi d'Inverno 2005 e d'Estate 2006 hanno consentito di definire la posizione del centro dell'immagine del Sole con ± 0.59 mm di deviazione standard.

Questa deviazione standard delle misure è tutta da attribuire al seeing atmosferico valutabile in poco più di 5 secondi d'arco.

Il valor medio delle stesse misure è affetto da un'incertezza statistica \sqrt{N} volte più piccola di una singola misura. Con $N=30$ siamo arrivati al secondo d'arco di precisione.

La misura dell'obliquità dell'eclittica, cioè l'inclinazione dell'asse terrestre sul piano dell'orbita, ha fornito il valore previsto dalle effemeridi più accurate che tengono conto sia della sua lenta variazione media di $47''$ al secolo che del contributo di $\pm 9.2''$ dovuto alla nutazione dell'asse terrestre, periodico con frequenza 18.6 anni.

Tornare a riveder le stelle

Questi risultati potrebbero essere conseguiti anche con i transiti delle stelle, misurandone sia il moto proprio che l'aberrazione annua, ed usandole come faceva Bianchini, per misurare direttamente l'ascensione retta del Sole.

Oggi la ripresa con videocamere consente una risoluzione temporale di 1/25 di secondo sugli istanti dei transiti stellari, limitata solo dal seeing, che di notte può essere inferiore ai $2''$.

Tuttavia un foro di 1.5 cm di diametro non consente di avvistare le stelle dall'interno della Chiesa anche collocandosi esattamente sulla linea di vista prevista.

Nel 1700 Bianchini apriva tutta la finestra di circa 60 cm x 40 cm per osservare i transiti meridiani delle stelle, anche di giorno.

Sarebbe sufficiente avere un foro di 8 cm di diametro per tornare ad osservare almeno Sirio i pianeti, e le stelle di prima grandezza dalla Linea meridiana.

Anche i transiti della Luna sulla Linea meridiana potrebbero essere osservati agevolmente proprio come quelli del Sole.

La tenue luce della Luna è sufficiente a proiettare l'immagine stenopeica a terra con il foro ad 1.53 cm quando l'astro transita a 70° di altezza, come ho verificato il 9 gennaio 2006. Un foro di 8.2 cm di diametro ha un'area di raccolta 29 volte maggiore con un guadagno in luminosità dell'immagine di 3.6 magnitudini, rendendo questo spettacolo accessibile agli occhi di tutti.

All'esterno, il foro stenopeico della Meridiana Clementino della Basilica di Santa Maria degli Angeli (1702) si presenta in grande dissesto.

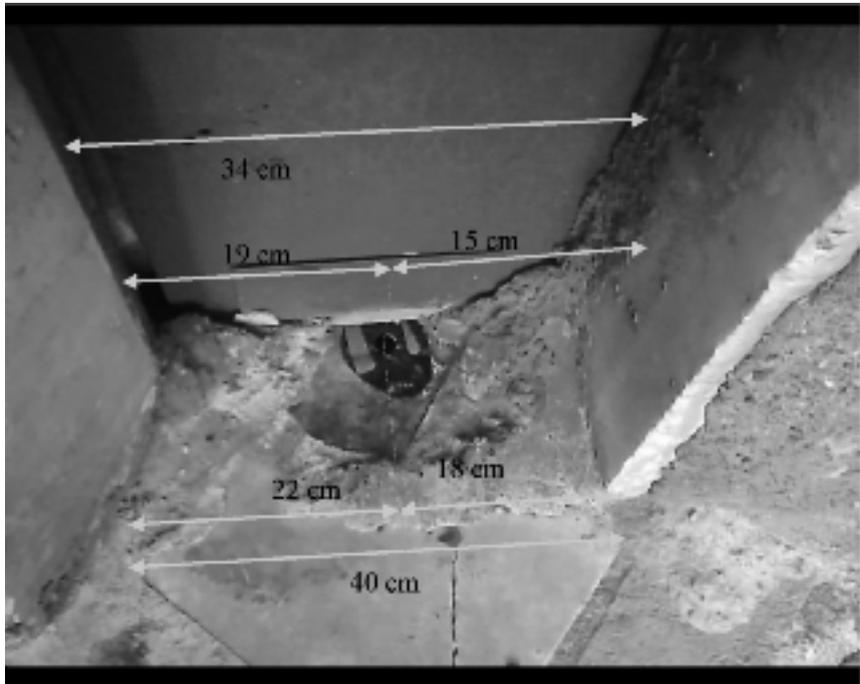


Fig. 1 – Il foro Clementino visto dall'esterno.

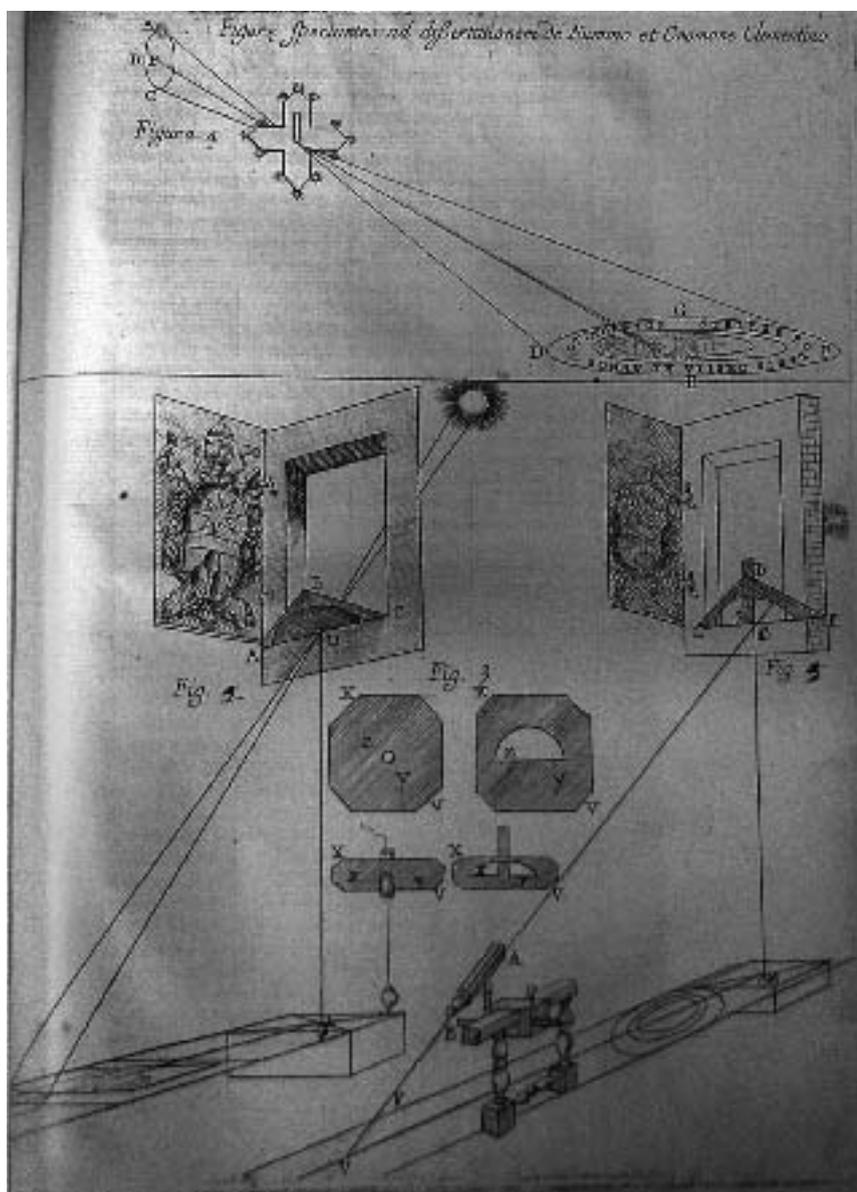


Fig. 2 – Con la finestra aperta si potevano osservare le stelle con un apposito telescopio. Questo al fine di misurare l’ascensione retta del Sole, e pervenire più rapidamente al valore dell’anno tropico.

Un revolver con 4 fori coassiali intercambiabili

Il restauro del foro, in cui si ripristina la funzionalità della finestra, dovrebbe sostituire all'attuale foro posticcio una maschera (*revolver*) in *invar* con 4 fori coassiali. L'*invar* è una lega di Nichel (36%) ed Acciaio con un coefficiente di dilatazione termica estremamente basso, compreso tra +0.5 e -0.2 parti per milione per grado centigrado, che garantisce la coassialità con qualunque temperatura al Sole. L'*invar* è un materiale usato in geodesia. Si deve tenere presente che d'Estate al mezzodì la piastra contenente il foro stenopeico può superare i 50 gradi centigradi. I 4 fori devono avere i centri allineati sullo stesso asse verticale: il primo circolare di 20.34 mm di diametro (misura originale per produrre l'immagine stenopeica del Sole); il secondo di 82 mm di diametro per l'osservazione delle stelle, dei pianeti e della Luna (senza dover aprire la finestra) ed il terzo sempre di 20.34 mm con filtro monocromatico Kodak Wratten 25A per le misure dell'immagine solare senza che ci sia l'effetto camino (che aumenta la turbolenza attorno al foro e quindi il seeing atmosferico). Un quarto foro, aperto, di 6 mm di diametro consente di sfruttare la massima risoluzione angolare dell'immagine, e di studiare le macchie solari.

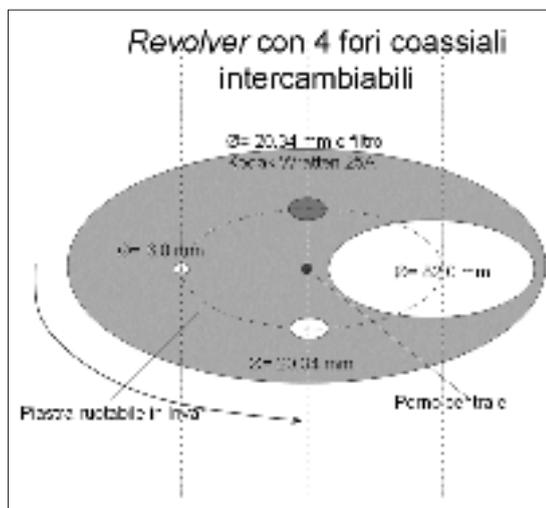


Fig. 3 – Disegno del *revolver*. Il foro grande a destra è quello per l'osservazione diretta delle stelle e della Luna, mentre gli altri tre sono dedicati al Sole. Quello col filtro nella banda rossa centrata a 6000 Angstrom, quello di 6 mm per vedere le macchie e sfruttare al meglio la risoluzione angolare dello strumento e quello di 20.34 mm è il foro delle dimensioni originali, nella proporzione 1:1000 con l'altezza del foro gnomonico sul pavimento.

Ancora oggi, con la meridiana di Santa Maria degli Angeli, è possibile realizzare misure astrometriche accurate. Di fronte ad oltre 200 persone il giorno del Solstizio Estivo 2006 abbiamo misurato l'obliquità dell'eclittica entro 1 secondo d'arco di precisione.

Ci auguriamo che presto a Santa Maria degli Angeli si possa tornare *a riveder le stelle*.

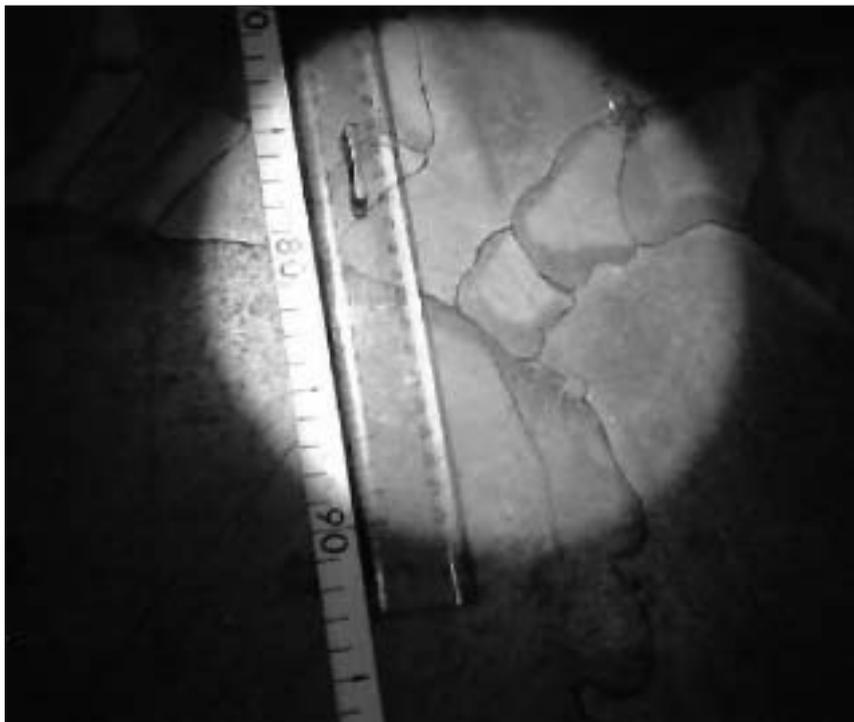


Fig. 4 – Il Sole nel Cancro a Santa Maria degli Angeli a circa 6 m 80 cm dalla verticale del foro Clementino il giorno 18 giugno 2006. Mediando i valori osservati da 3 foto come questa si ottiene la posizione del centro del Sole al meridiano entro qualche mm di accuratezza.

BIBLIOGRAFIA

- F. BONOLI, G. PARMEGGIANI e F. POPPI, a cura di, *Il Sole nella Chiesa: Cassini e le grandi meridiane come strumenti di indagine scientifica*, Giornale di Astronomia, vol. **32** n. 1. (2006).
- S. BARTOLINI, *I fori gnomonici del Danti in S. Maria Novella*, Firenze (2006).
- C. SIGISMONDI, *Pinhole Solar Monitor Tests in the Basilica of Santa Maria degli Angeli in Rome*, International Astronomical Union Symposium 233 *Solar Activity and its Magnetic Origin*, V. Bothmer ed., Cambridge University Press (2006)
- C. SIGISMONDI, *Calcolo delle Effemeridi*, in <http://www.santamariadegliangeliroma.it/> menù La Meridiana (2006).
- J. L. HEILBRON, *Il Sole nella Chiesa*, Ed. Compositori, Bologna (2005).
- M. CATAMO E C. LUCARINI, *Il Cielo in Basilica*, Ed ARPA Agami, Roma (2002).
- G. PALITRINIERI, *La meridiana della Basilica di S. Petronio in Bologna*, Inchiostri Associati editore, Bologna (2001).
- C. FERRARI DA PASSANO, C. MONTI e L. MUSSIO, *La meridiana solare del Duomo di Milano*, Veneranda Fabbrica del Duomo di Milano, Milano (1977).
- G. FANTONI, *La Grande Meridiana in Santa Maria degli Angeli a Roma*, in *Atti dell'Istituto Italiano della Navigazione*, Roma.

INDICE

Premessa	Pag.	3
MERIDIANI E LONGITUDINI A ROMA		4
MERIDIANI E LONGITUDINI. CATALOGO DI OPERE A STAMPA, CARTE GEO- GRAFICHE, INCISIONI E STRUMENTI SCIENTIFICI DELLA BIBLIOTECA CASANATENSE DI ROMA		
1. Claudius Ptolemaeus		13
2. Galileo Galilei		15
3. Galileo Galilei		17
4. Jacobus Houbraken (1698 – 1780)		18
5. Isaac Newton		21
6. Scuola fiamminga (secc. XVII-XVIII)		22
7. John Flamsteed		23
8. John Flamsteed		24
9. Edmond Halley		28
10. Johann Tobias Mayer		31
11. Johann Tobias Mayer		31
12. Cronometro nautico di John Harrison, 1757		32
13. James Cook		33
14. Scuola fiamminga (secc. XVII-XVIII)		35
15. Connaissance des temps		36
16. Gian Domenico Cassini		37
17. Jean Picard		38
		223

18. Académie Royale des Sciences.....	Pag.	41
19. Jacques Cassini		43
20. Pierre Louis Moreau de Maupertuis		45
21. Pierre Bouguer		47
22. Nouvelle Mappede Monde		49
23. César-François Cassini de Thury		51
24. Jean-Baptiste-Joseph Delambre		52
25. Jean-Baptiste Biot		56
26. Giovanni Battista Riccioli.....		56
27. Gian Domenico Cassini		58
28. Eustachio Zanotti		61
29. Francesco Bianchini.....		62
30. Francesco Bianchini.....		65
31. Luigi Rados (1773-1840).....		68
32. Christopher Maire - Ruggiero Giuseppe Boscovich.....		69
33. Christopher Maire		70
34. Andrea Conti		71
35. Giacomo Ricchebach		72
36. Achille Paris (1820-1884).....		73
37. Angelo Secchi		73
38. Angelo Secchi		75
39. Angelo Secchi		75
40. Angelo Secchi		77
41. Commissione Geodetica Italiana		79
42. Commissione Geodetica Italiana		81

43. Commissione geodetica italiana	Pag.	83
44. Commissione geodetica italiana		83
45. Anonimo (seconda metà sec. XVIII)		84
46. Giovanni Battista Audiffredi.....		86
47. Giovanni Battista Riccioli		87
48. Globo Terrestre		91
49. Globo Celeste.....		93
50. Quadrante con cursore		95
51. Compasso topografico		96
52. Compasso di divisione.....		97
53. Orologio solare a tazza		97
54. Cosmoplane		97
CARTOGRAFIA DEI PRIMI MERIDIANI.....		99
MERIDIANI E LONGITUDINI A ROMA		
LE MERIDIANE NELLA CHIESA		109
1. Determinazione del mezzodì con l'obelisco Vaticano.....		110
2. Determinazione degli azimut conoscendo l'istante del mezzodì		111
2.1 L'esempio di Piazza San Pietro		111
2.2 Duomo di Milano.....		112
2.3 All'interno delle Chiese con meridiana		113
3. La taratura delle meridiane		114
4. Misure temporali a Santa Maria degli Angeli.....		115
5. Fenomeni quantistici in Basilica.....		115
6. Misura della deviazione dal vero Nord della Linea Clementina di Santa Maria degli Angeli a Roma.....		117
		225

7. Misura della rifrazione astronomica a Roma e a Bologna.....	Pag. 118
8. Misura dell'inclinazione dell'eclittica	121
9. L'immagine del Sole: posizioni e dimensioni caratteristiche.....	121
10. Come si forma l'immagine e quale percorso segue.....	122
11. Conclusioni	123
Bibliografia.....	125
LA BASE GEODETICA DELLA VIA APPIA ED IL MISTERO DELL'ESTREMO SCOMPARSO.....	126
Bibliografia.....	134
LA MIRA DEL MERIDIANO DELL'OSSERVATORIO ASTRONOMICO DEL COLLEGIO ROMANO.....	135
L'osservatorio astronomico di Angelo Secchi	135
Bibliografia.....	144
LA TORRE DEL PRIMO MERIDIANO D'ITALIA.....	145
Introduzione.....	145
La Commissione per la misura del grado del meridiano centrale europeo	145
Stazione geodetica di monte Mario (Roma)	147
Monumentalizzazione del Primo Meridiano d'Italia.....	151
LA CONFERENZA INTERNAZIONALE DEL MERIDIANO DEL 1884 (WASHINGTON, USA).....	156
Introduzione.....	156
L'evoluzione della definizione.....	157
I precedenti della Conferenza	159
Le Risoluzioni finali	160

MISURA DELLA DECLINAZIONE MAGNETICA A ROMA USANDO L'AZIMUT DEL SOLE.....	Pag. 164
Declinazione Magnetica sulle carte IGM	164
Determinazione del Nord magnetico	166
Nord Geografico col Sole	166
Sincronizzazione degli orologi	168
Coordinate geografiche del luogo.....	168
Alcuni Risultati.....	169
Bibliografia.....	170
 LUCI MERIDIANE ALLA VILLA DEI QUINTILI IL TEATRO MARITTIMO HA OSPITATO LA TERZA MERIDIANA DEL MONDO	171
Storia.....	171
Meridiane	171
Dove e cosa vedere	172
Ombre e luci	172
 ASTRONOMIA IN CHIESA: LA MERIDIANA CLEMENTINA DI SANTA MARIA DEGLI ANGELI, ROMA	176
Storia.....	176
Scienza con lo Gnomone Clementino.....	177
Osservazione delle Stelle	177
Equinozi e Solstizi: anno tropico ed inclinazione dell'eclittica.....	180
L'immagine Solare.....	181
Cronometraggi visuali:	182
Come leggere la Linea Meridiana.....	182
Il mezzogiorno solare	182
Bibliografia	184

LA TORRE DEI VENTI IN VATICANO	Pag. 185
Brevi cenni storici	185
Struttura dell'edificio	185
Opere artistiche della meridiana	187
Anemoscopio e meridiana nella torre dei venti	189
Bibliografia	193
 LA MERIDIANA E LA RELATIVITÀ	 194
Introduzione	194
Calcolo della posizione di Sirio nel 1703 (moto proprio e precessione)	196
Calcolo della posizione della Polare nel 1701 (precessione)	197
Calcolo dell'aberrazione annua per Sirio e la Polare nei rispettivi periodi di osservazione	198
Calcolo della nutazione	198
Dati di Bianchini sulla Polare	199
Dati di Bianchini su Sirio	200
Conclusioni	202
Bibliografia	203
 LA MERIDIANA DI AUGUSTO A MONTECITORIO	 204
Sommario	204
La Scienza dei Romani e l'Horologium di Augusto	205
Enciclopedisti e Poeti: la scienza che sopravvisse nella storia	209
La riforma Giuliana del Calendario	210
Misure alla Meridiana	210
La precisione della Meridiana di Augusto oggi	213
Bibliografia	214

PROSPETTIVE: IL RESTAURO DEL FORO CLEMENTINO DELLA MERIDIANA DI SANTA MARIA DEGLI ANGELI	Pag.	215
Restauri recenti della Meridiana		215
Misure astro-topografiche.....		216
Tornare a riveder le stelle.....		217
Un <i>revolver</i> con 4 fori coassiali intercambiabili.....		220
Bibliografia		222

Stampa



Novembre 2006