



|                               |   |
|-------------------------------|---|
| <b>Publication Year</b>       | 2014  |
| <b>Acceptance in OA @INAF</b> | 2023-01-23T15:10:26Z  |
| <b>Title</b>                  | Ad Arcetri l'avamposto della nostra astrofisica   |
| <b>Authors</b>                | BIANCHI, Simone; MANNUCCI, FILIPPO  |
| <b>Handle</b>                 | <a href="http://hdl.handle.net/20.500.12386/33001">http://hdl.handle.net/20.500.12386/33001</a> |
| <b>Journal</b>                | LE STELLE   |

## **Ad Arcetri l'avamposto della nostra astrofisica**

**Simone Bianchi**

**Filippo Mannucci**

Un dubbio tormentava il direttore della vecchia *Specola* di Firenze, Giovan Battista Donati, all'indomani dell'unità d'Italia: “[...] *se oggi dicesse il Governo che è soppresso l'Osservatorio fiorentino, nessuno, o ben pochi, se ne darebbero per inteso*” e questo perché il Governo Italiano “*quantunque come Governo civile e illuminato, sia in obbligo di promuovere e soccorrere gli studi astronomici, pure può far ciò anche sopprimendo l'Osservatorio Fiorentino; perché per esso deve bastare che tali studi sieno coltivati in Italia, ed è indifferente che sia soppresso uno, piuttosto che un altro degli Osservatori attuali. E poiché è indubitato che per riordinare gli studi astronomici in Italia bisogna appunto incominciare dal sopprimere molti degli Osservatori attuali, che non soddisfano più ai bisogni nuovi della scienza, e che è impossibile di poter tutti migliorare; è pur prevedibile che si comincerà dal sopprimere i più meschini e i peggiormente situati.*” Lo stabilimento fiorentino, per tradizione e condizioni attuali, non era agli occhi di Donati né migliore né peggiore di quelli di altre città: “*Anche la città nostra, che si vanta di un Galileo, avrebbe certamente (per ciò che si riferisce alla ragione storica) dei grandi titoli per essere dotata di un Osservatorio: ma [...] se facessimo una rivista o bilancio generale di tutte le ragioni storiche nazionali, quei titoli potrebbero essere molto contrastati (Donati, *Intorno ad un nuovo osservatorio astronomico da erigersi in Firenze.* 1866)”. Decisamente occorre aggiungere un titolo per garantire la sopravvivenza dell'astronomia fiorentina: una nuova sede per l'Osservatorio.*

La *Specola*, infatti, mal si sarebbe adattata alle necessità dell'astronomia di posizione, che costituiva la ricerca di punta a metà ottocento. Il *Torrino* dell'Osservatorio, costruito sul finire del XVIII secolo ed annesso al Museo di Fisica e Storia Naturale per volere del granduca di Toscana Pietro Leopoldo, aveva un orizzonte non completamente libero e mancava di stabilità, come ebbe a riconoscere il primo astronomo che vi lavorò in pianta stabile a partire dal 1807, Domenico de Vecchi. L'inadeguatezza dell'edificio si fece ancor più manifesta quando l'ottico Giovanni Battista Amici, direttore dal 1831 al 1859, realizzò, intorno al 1840, un grande rifrattore acromatico da 28 cm di apertura e 5,3 metri di focale. Con la sua mole il telescopio di Amici, per alcuni decenni il maggior telescopio rifrattore d'Italia, doveva occupare quasi tutta la sala degli strumenti del *Torrino*. Mancante di una montatura equatoriale fissa, forse proprio a causa dell'impossibilità di collocarla nei locali esistenti, il telescopio doveva essere trascinato a fatica sulla terrazza di osservazione. A fare le spese di questa situazione fu proprio il giovane Donati, assunto nel 1852, a 26 anni, come assistente di Amici e dedicatosi fin da subito alle osservazioni astronomiche – a cui Amici invece scarsamente attendeva.

Con la fine del governo granducale, nel 1859, il Museo diventò la sede della sezione di Scienze Fisiche e Naturali dell'Istituto di Studi Superiori – l'ateneo fiorentino. Nominato professore di Astronomia, Donati divenne direttore dell'Osservatorio e si dedicò incessantemente a migliorarne le condizioni. Nonostante questo, non trascurò i lavori scientifici: fra questi sono da ricordare i suoi pionieristici studi di spettroscopia, con un primo schema di classificazione stellare (1860) e la prima osservazione dello spettro di una cometa, la C/1864 N1. Ma forse proprio l'impegno profuso per l'Osservatorio gli impedì di sviluppare ulteriormente questi primi abbozzi di *ricerca astrofisica*, come invece fece P. Angelo Secchi negli anni successivi.

## *Un avvio sofferto*

Una prima svolta per l'astronomia fiorentina si ebbe nel 1864, quando il Parlamento del Regno approvò il progetto di spesa, presentato dal ministero della Pubblica Istruzione, per dotare il telescopio di Amici di una montatura equatoriale e di una cupola. La concessione fatta dal Ministro di poter eseguire i lavori a Firenze – seguendo quindi la tradizione del compianto maestro Amici - permise a Donati di sviluppare un altro suo progetto, la realizzazione di un'officina per la costruzione di strumenti scientifici di precisione: la montatura del telescopio di Amici diventò quindi la prima grande commissione di quelle che poi furono le *Officine Galileo*. Ma dove sarebbe stato collocato il telescopio? Non certo nella Specola! *“Io ho sollecitato di migliorare gli strumenti, nella ferma convinzione che, o prima, o poi, si cambierebbe pure il locale (Donati, op. cit.)”*.

E, *“o prima, o poi”* fu infine costruita anche la nuova sede. Dopo alcuni progetti falliti si scelse una località ad un paio di chilometri dalla Specola, la collina di Arcetri, che dal 1865 era entrata a far parte del territorio del Comune di Firenze, opportunamente ingrandito oltre le mura cittadine come richiedeva la maggiore dignità della nuova Capitale d'Italia. Vari intoppi burocratici procrastinarono l'inizio dei lavori. Visto che almeno il telescopio era pronto, si preferì intanto collocarlo in una posizione provvisoria e procedere così ad una prima inaugurazione solenne, il 26 settembre 1869 (**Fig. 1**). Successivamente iniziò la costruzione dell'edificio, finanziata dal Governo con sostanziali contributi di Comune e Provincia di Firenze, nonché della Casa Reale che intendeva così liberarsi della scomoda presenza di un osservatorio troppo vicino agli appartamenti reali della reggia di Palazzo Pitti: sembra infatti che dalla Specola si potesse guardare direttamente dentro la camera da letto di Vittorio Emanuele II! L'Osservatorio di Arcetri fu infine inaugurato il 27 ottobre 1872.

In più scritti Donati ci ha lasciato il suo manifesto per il nuovo istituto: *“Il nuovo Osservatorio, e per la sua posizione, e per la sua costruzione, deve essere specialmente diretto alle osservazioni astronomiche così dette fondamentali, vale a dire, alla determinazione dei luoghi dei corpi celesti. Questo scopo, quantunque sia meno universalmente inteso, e dirò, meno seducente di quegli altri studj che hanno di mira la costituzione fisica degli astri, è pur sempre il principalissimo dell'Astronomia. (Schiaparelli, Osservatorio Astronomico d'Arcetri – relazioni e proposte, 1875).”* Strane parole per chi è considerato pioniere dell'astrofisica! Forse sincere, o forse solo volte a rassicurare gli adepti dell'astronomia ortodossa. In fondo anche Secchi sostenne che: *“il più gran progresso della scienza moderna si fa consistere nella esatta determinazione dei luoghi delle stelle; lavoro che manca certamente del brillante bagliore di molte altre ricerche, ma che è infinitamente più solido e importante (Secchi, Le stelle, saggio di astronomia siderale, 1877)”*.

Anche l'amico e collega Giovanni Virginio Schiaparelli sosteneva che Donati, con il nuovo Osservatorio di Arcetri, voleva *“dotare l'Italia di una istituzione simile a quelle che hanno le nazioni straniere nei celebri Osservatorii di Greenwich, di Pulkowa e di Washington, dove il servizio delle osservazioni meridiane, condotte con tutta la finezza della pratica moderna, forma l'occupazione più importante. (Schiaparelli, op. cit.)”*. Un Osservatorio degno quindi della Capitale di uno stato. Purtroppo però lo spostamento della Capitale a Roma fece perdere un po' dell'interesse “politico”. Un intoppo maggiore fu l'improvvisa morte di Donati nel settembre 1873: senza la guida dell'astronomo, l'Osservatorio fu lasciato incompiuto.

La sovrintendenza dell'Istituto di Studi Superiori offrì allora la direzione a Schiaparelli, che dopo avere accettato declinò l'incarico per motivi familiari (o forse perchè aveva preso una maggior cognizione delle condizioni dell'Osservatorio). Negli anni successivi, in attesa di completare la strumentazione, l'Istituto preferì lasciare la direzione vacante, affidandosi alla supervisione esterna dello stesso Schiaparelli prima, e del suo assistente Giovanni Celoria poi.

Altri problemi vessarono l'Osservatorio. A causa del superamento del preventivo di spesa, le maestranze non furono inizialmente pagate. Addirittura l'economista Vilfredo Pareto prese il caso di Arcetri come esempio “*del poco lodevole contegno del Governo nelle sue relazioni come industriale e commerciante (Lo stato italiano industriale [...]. Lettera II, L'Economista, 14 febbraio 1876)*”. Il Ministero si rivalse quindi sull'appaltatore dei lavori e sull'architetto, citandoli in giudizio per la cattiva qualità della costruzione, che manifestava notevoli problemi di impermeabilizzazione. Le liti continuarono per un decennio, bloccando le necessarie riparazioni e portando l'Osservatorio al degrado totale. Molte voci, invano, si alzarono per perorarne la causa, come quella del senatore Antonio Berti, che durante la discussione in aula per la legge sull'acquisto del grande rifrattore per l'Osservatorio di Brera, richiamò ai colleghi la condizione di Arcetri, dove “*La larga strada [...] fu in parte portata via dalle acque [...] La grande scalea [...] ha i gradini così sconnessi che paiono còlta da tremuoto recente. Gli intonachi scrostati e caduti, le muraglie in molti siti screpolate; le due terrazze laterali [...] incapaci di retter l'acqua piovana; le teste delle travi rese fradicie dall'acqua [...] e quindi la sala terrena destinata al circolo meridiano tutta appuntellata acciocchè non rovini* (Atti del Senato, tornata del 1° luglio 1878)”.

Malgrado il disastro, l'Osservatorio non rimase inoperoso, grazie al lavoro solitario di Wilhelm Tempel, assunto su suggerimento di Schiaparelli come assistente (di sé stesso!) dal 1875. Tempel, già litografo ed eccellente disegnatore (**Fig. 2**), era privo di preparazione accademica ma si era guadagnato il titolo di astronomo sul campo, con le sue qualità di acuto osservatore e con le sue scoperte di comete, asteroidi e nebulose. Malgrado le sue idee controverse (da vero bastian contrario, non riteneva reali le spirali osservate in alcune galassie – in sostanza non riusciva a vederle con il telescopio di Amici – e non apprezzava troppo le “diavolerie moderne”, come la spettroscopia e la fotografia) il suo lavoro di osservatore fu molto apprezzato. È suo il contributo italiano più importante alla compilazione del *New General Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars* (NGC; Dreyer, 1888) con circa un centinaio di nebulose (principalmente galassie) scoperte da Arcetri. Oltre a questo, Tempel scoprì da Arcetri una nuova cometa (C/1877 T1) e ne ritrovò altre periodiche.

Alla morte di Tempel nel 1889 finalmente partirono i lavori di ricostruzione dell'edificio, che erano quasi terminati quando, alla fine del 1893 – dopo uno iato di 20 anni – fu finalmente nominato un nuovo direttore, Antonio Abetti. Con la competenza tecnica che lo contraddistingueva – era laureato in ingegneria – A. Abetti ripristinò e aumentò la strumentazione dell'Osservatorio di Arcetri. La montatura del telescopio di Amici (smontato alla fine 1887 per metterlo al riparo dal degrado dell'edificio) fu ricostruita dall'officina dell'Osservatorio di Padova – l'istituto da cui Abetti proveniva - e finalmente dotata di moto orario e cerchi graduati. Furono realizzati nuovi micrometri, su progetto di A. Abetti stesso, e venne acquistato uno strumento dei passaggi di Bamberg, definito *Piccolo Meridiano* con l'auspicio di poter un giorno avere un *Grande Cerchio Meridiano* (un sogno, mai realizzato, degli astronomi fiorentini fin dalla fondazione della Specola!). La dotazione strumentale (effettiva o auspicata) chiaramente tradiva l'interesse dell'astronomo, che si dedicò

prevalentemente a misure di posizione di comete ed asteroidi; un esempio di questo suo lavoro fu la partecipazione alla campagna internazionale di misure dell'asteroide Eros durante l'opposizione del 1900-1901, finalizzata alla determinazione della distanza Terra-Sole. Nel 1895 A. Abetti inaugurò la serie di pubblicazioni poi nota come "Osservazioni e Memorie dell'Osservatorio Astronomico di Arcetri", dove venivano dettagliatamente registrate tutte le osservazioni, così come le descrizioni degli strumenti e delle loro tarature, insieme ad altri particolari della vita dell'Osservatorio.

### ***Da osservatorio astronomico ad astrofisico***

Con Abetti frequentarono l'Osservatorio alcuni giovani assistenti e studenti, come Bortolo Viaro (poi direttore a Catania) e Mentore Maggini (direttore a Collurania) ed il proprio figlio Giorgio, che verrà avviato ad una carriera astronomica. Giorgio Abetti, dopo la laurea a Padova, alcuni soggiorni di perfezionamento in Germania e USA e un impiego all'Osservatorio del Collegio Romano venne infine trasferito ad Arcetri dove divenne direttore prima ad interim, al pensionamento del padre, nel 1921, e poi definitivamente nel 1925. Per l'Osservatorio si trattò di una vera e propria svolta verso l'astrofisica moderna. G. Abetti fu infatti chiamato a Firenze per sovrintendere ai lavori di realizzazione della Torre Solare, inaugurata il 22 giugno 1925, costruita sul modello di quella dell'Osservatorio di Mount Wilson; a fornire aiuto tecnico e finanziario fu il direttore dell'osservatorio americano, l'astrofisico George Ellery Hale, con cui G. Abetti aveva lavorato e che considerava suo *maestro*. Allo stesso tempo la facoltà di Scienze dell'Istituto di Studi Superiori (che divenne Università di Firenze nel 1924) decise di istituire un corso di Astrofisica (dal 1925 assegnato a G. Abetti) ed il nuovo Istituto di Fisica fu inaugurato sul colle di Arcetri nel terreno dell'Osservatorio. Il "nuovo corso" fu suggellato il 12 Maggio 1921 mutando la denominazione in *Osservatorio astrofisico di Arcetri*. L'Osservatorio divenne poi un ente autonomo e non più dipendente dall'Università nel 1926.

La Torre Solare (**Fig. 3**) fu utilizzata principalmente per monitorare l'attività cromosferica, con quasi tredicimila immagini monocromatiche (spettroeliogrammi) prese dal 1926 al 1974 (recentemente digitalizzate). A questa fu affiancato il telescopio di Amici, potenziato nel 1925 con un nuovo obiettivo Zeiss da 36 cm di apertura, utilizzato per l'osservazione delle macchie, e delle protuberanze con uno spettroscopio a visione diretta. Sebbene l'Osservatorio fosse dedicato principalmente allo studio del Sole, anche altri filoni di ricerca venivano perseguiti; ad esempio, un riflettore equipaggiato con prismi obbiettivi era dedicato alla spettroscopia stellare; con questo iniziò la sua carriera scientifica Margherita Hack. Si continuava poi a seguire la tradizione inaugurata da Donati, realizzando strumenti in collaborazione con le Officine Galileo. A cavallo della seconda guerra mondiale un altro allievo di Abetti, Attilio Colacevich, costruì le prime camere astrografiche di tipo Schmidt prodotte in Italia; a partire da questi studi di ottica ideò poi un obiettivo catadiottrico di grande luminosità, arrivando indipendentemente a realizzare uno strumento simile a quello del russo Maksutov. Giorgio Abetti ebbe il merito di coltivare una vera e propria scuola, e molti dei suoi allievi divennero direttori d'osservatorio: oltre ai già citati Hack (a Trieste) e Colacevich (a Collurania e a Capodimonte), Mario Girolamo Fracastoro (direttore a Catania e poi a Pino Torinese), Giovanni Godoli (a Catania) e Guglielmo Righini, che gli succederà ad Arcetri. Infine, va ricordato anche il ruolo avuto da G. Abetti per assicurare alla collettività l'ultima dimora di Galileo, la villa *Il*

*Gioiello* situata a breve distanza dall'Osservatorio, che su sua iniziativa fu acquistata dall'Università nel 1942 (**Fig. 4**).

Nel 1953 Righini successe a G. Abetti. L'attività di studio del Sole venne proseguita ed ampliata alle bande spettrali oltre il visibile. Righini, che aveva avuto la possibilità di studiare le tecniche radio a Cambridge, inaugurò il filone della radioastronomia italiana costruendo i primi radiotelescopi nel nostro paese. Varie antenne vennero utilizzate per lo studio dell'attività solare nelle onde centimetriche e metriche; fra queste la grande parabola da 10 m che per molti anni, dal 1963 al 1991, ha caratterizzato il panorama dell'osservatorio ed è stata raffigurata sulla banconota da 2000 lire dedicata a Galileo (**Fig. 5**). Altre antenne vennero approntate per la ricezione del segnale da satelliti americani dediti allo studio dell'emissione X e UV del Sole. In parallelo, si continuò con le tradizionali osservazioni ottiche utilizzando la Torre e filtri interferenziali montati su un piccolo telescopio, sul telescopio di Amici, e poi su uno strumento multifunzione appositamente costruito, la *barra equatoriale*. Continuarono anche le campagne osservative di eclissi di Sole per lo studio della corona e della cromosfera: inaugurate da G. Abetti con la spedizione in Russia nel 1936, furono proseguite da Righini, che si avvale anche di aerei al fine di prolungare artificialmente la fase della totalità, volando nel cono d'ombra della Luna.

Le collaborazioni internazionali, già floride durante la direzione Abetti, si arricchirono ulteriormente con Righini: l'Osservatorio partecipò alle osservazioni sistematiche del Sole durante l'Anno Geofisico Internazionale (1957-58), ed al progetto europeo JOSO (Joint Organization for Solar Observations). Sul fronte interno proseguì la collaborazione con l'Università (l'Istituto di astronomia era ospitato nell'Osservatorio stesso) e con il CNR. Durante la direzione Righini, infine, l'osservatorio acquistò l'aspetto attuale: il telescopio di Amici fu collocato in un padiglione apposito ed un nuovo piano costruito sulle vecchie terrazze di osservazione (**Fig. 6**).

Alla morte di Righini, nel 1978, la direzione passò a Franco Pacini (**Fig. 7**), che la tenne fino al pensionamento nel 2001. In questo periodo l'Osservatorio di Arcetri diversificò ulteriormente gli interessi di ricerca: all'astrofisica solare si aggiunse lo studio del mezzo interstellare, delle galassie locali, dell'astrofisica delle alte energie, della formazione delle stelle e delle fasi finali della loro vita (tema quest'ultimo molto caro a Pacini, che dalla fine degli anni '60 si era dedicato allo studio dei meccanismi energetici nelle pulsar). Questo allargamento di interessi fu reso possibile da numerosi fattori, quali ad l'aumento del personale e la partecipazione a collaborazioni nazionali ed internazionali per l'utilizzo e la costruzione di nuova strumentazione (il telescopio infrarosso TIRGO, i radiotelescopi di Medicina, il Telescopio Nazionale Galileo, la torre solare THEMIS, i telescopi dell'ESO, il Large Binocular Telescope). Molto hanno sicuramente influito sullo sviluppo di Arcetri le capacità di Pacini di organizzazione e pianificazione della ricerca astrofisica.

### ***Arcetri oggi***

I direttori successivi, Marco Salvati (2001-2005), Francesco Palla (2005-2011) e l'attuale, Filippo Mannucci, hanno continuato lungo la strada tracciata da Pacini. Oggi l'Osservatorio è una delle più grandi strutture dell'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF, dove è confluito nel 2002 insieme agli altri osservatori italiani) e uno dei maggiori centri di astrofisica in Europa (**Fig. 8**). Seguendo la tradizione

iniziata da Amici e Donati e prima ancora da Galileo, che si costruiva i suoi telescopi, ad Arcetri si intrecciano attività scientifiche e tecnologiche.

Fra le attività tecnologiche, uno dei settori più importanti è quello delle ottiche adattive, tecnica utilizzata per correggere le distorsioni introdotte dall'atmosfera terrestre. Teoricamente la nitidezza delle immagini aumenta con la dimensione del telescopio, e questo è uno dei motivi che spingono alla costruzione di telescopi sempre più grandi. In pratica, la presenza di turbolenza e di zone di diversa temperatura degrada la qualità delle immagini e quindi limita le capacità dei grandi telescopi. Le immagini che si ottengono hanno risoluzione 10-100 volte peggiore del limite teorico, in base al telescopio, alle condizioni dell'atmosfera, e alla lunghezza d'onda. Correggere questo effetto è quindi di estrema importanza, e grandi investimenti sono stati fatti in questa direzione (**Fig. 9**).

L'ottica adattiva è il sistema usato per compiere questa correzione. Uno speciale sensore di fronte d'onda misura circa 1000 volte al secondo le distorsioni prodotte dall'atmosfera nella luce emessa da una stella brillante coincidente o vicina all'oggetto da osservare. Un sottile specchio viene deformato tramite motori per applicare una distorsione uguale e opposta a quella introdotta dall'atmosfera, ottenendone quindi la cancellazione. Recentemente i sistemi adattivi sviluppati ad Arcetri in collaborazione con l'Università dell'Arizona e imprese italiane (principalmente ADS e Microgate) hanno dimostrato che una correzione quasi completa (fino al 98%) può essere ottenuta a lunghezze d'onda del vicino infrarosso e che queste tecniche possono essere applicate anche a lunghezze d'onda nel visibile.

Queste tecnologie di Ottica Adattiva sono fondamentali per la costruzione dei nuovi telescopi. Seguendo l'esempio di LBT (**Fig. 10**), tutti i grandi progetti futuri per telescopi della classe 25-40m nascono come telescopi adattivi, cioè che richiedono l'ottica adattiva per funzionare. Arcetri è uno dei centri più importanti al mondo per la realizzazione di queste tecnologie. Per questo sarà sede del Laboratorio Nazionale di Ottica Adattiva, recentemente approvato da INAF e che verrà costituito probabilmente nel corso del 2014.

Dal punto di vista scientifico, Arcetri si caratterizza per una vasta copertura di argomenti, dal sole alla cosmologia, eredità del ventennio della direzione di Pacini. Lo studio dei processi di formazione delle stelle, dalla fase di nube protostellare, attraverso la formazione di dischi di accrescimento e di getti di materia, fino alla comparsa di una nuova stella di sequenza principale, è un campo molto sviluppato ad Arcetri e si è basato sull'uso di telescopi infrarossi e sub-millimetrici come TIRGO, TNG, Herschel e ALMA. L'astronomia extragalattica, sia relative alla galassie vicine sia a quelle distanti, rappresenta un grande campo di studio, e importanti lavori su AGN, elementi chimici e polvere interstellari sono stati prodotti. Gli studi teorici si concentrano principalmente sui fenomeni di altissima energia (processi di accelerazione dei raggi cosmici), sulla struttura degli oggetti compatti come le pulsar, e sulle molecole primordiali.

Trasversale a molti studi è il tema delle abbondanze chimiche e della loro evoluzione, di fondamentale importanza in molti ambiti astrofisici. Questo tema viene affrontato attraverso scale temporali e dimensioni molto diverse: dalla formazione delle molecole ad alto redshift fino alla loro osservazione nelle nubi di formazione stellare vicine, dall'evoluzione delle abbondanze chimiche nelle galassie fino allo studio della composizione delle comete, dallo studio del ferro negli ammassi di galassie fino all'analisi dei campioni di roccia marziani. Tutti studi che avrebbero fatto molto piacere al fondatore, lo spettroscopista Donati.