

GUIDO TAGLIAFERRI e PASQUALE TUCCI (*)

Gli studi sul magnetismo terrestre in Italia tra il 1830 e il 1880 (**)

Riassunto - Nel XIX secolo gli studi sul geomagnetismo furono compiuti essenzialmente negli osservatori astronomici di Milano (Brera) e di Roma (Collegio Romano). L'attività fu stimolata inizialmente dal fondamentale lavoro di Gauss, ma man mano che gli studi sul geomagnetismo diventavano sempre più impegnativi, per gli astronomi risultava difficile eseguire misure magnetiche oltre alle usuali osservazioni astronomiche. Già prima della metà del secolo era stata prospettata la necessità della costituzione di un istituto centrale specificamente destinato allo studio del magnetismo terrestre. Comunque, nonostante ripetute sollecitazioni, solo nel 1879 fu istituito a Roma un Ufficio Centrale di Meteorologia la cui Sezione Fisica fu incaricata di stendere una mappa magnetica del territorio italiano.

Abstract - In the nineteenth century research in geomagnetism in Italy was carried out mainly in the astronomical observatories of Milan (Brera) and Rome (Collegio Romano). This activity was motivated initially by the stimulus deriving from the superb work of Gauss, but as the study of geomagnetism developed into an exacting task, the astronomers found themselves unable to perform magnetic measurements besides their regular astronomical observations. The need for some specific institution to deal with the problems of terrestrial magnetism was realized already before the mid-century; however, in spite of repeated solicitations, a national authority for geomagnetic measurements was not established. Only in 1879 a Central Meteorological Office was created in Rome, and its Physics Section was charged with producing a magnetic mapping of the whole Italian territory.

1. *Gli studi di Gauss sul magnetismo terrestre*

Come molti studiosi hanno sottolineato, i contributi di Gauss alla teoria del magnetismo terrestre inaugurarono una nuova era nel campo delle scienze naturali (vedi Cawood, 1977; Cawood, 1979; Garland, 1979; Jungnickel, McCormmach, 1986; May, 1972; McConnell, 1980; McConnell, 1985; Multhaus, Good, 1987; O'Hara, 1983; O'Hara, 1984a; Schaefer, 1924-29; Tagliaferri, Tucci, 1989). Noi possiamo così sintetizzare i principali risultati ottenuti da Gauss:

1) Per la prima volta una grandezza non meccanica (il campo magnetico terrestre) fu espressa in funzione delle grandezze meccaniche fondamentali (M, T, L).

(*) Istituto di Fisica Generale Applicata, Università degli Studi di Milano, Via Brera 28, 20121 Milano.

(**) Lavoro dedicato al Professor G.B. Marini-Bettòlo, Uno dei XL, in occasione del 75° compleanno.

2) Per la prima volta la teoria del potenziale, fino ad allora considerata una teoria puramente matematica, fu applicata a dati d'osservazione.

3) Per la prima volta fu intrapresa una cooperazione internazionale su larga scala per la misura degli elementi che caratterizzano il campo magnetico terrestre (declinazione, inclinazione, intensità).

Per portare a compimento la sua impresa Gauss progettò uno strumento — il magnetometro — e fornì le modalità di misura. Il magnetometro era costituito da una sbarra magnetica liberamente sospesa (senza torsione) a un filo (magnetometro unifilare) o sospesa a due fili (magnetometro bifilare). Sulla sbarra era fissato uno specchietto e la lettura delle deviazioni avveniva attraverso un teodolite. Con il magnetometro unifilare si eseguivano misure di declinazione e di intensità. La prima era ottenuta leggendo semplicemente l'angolo che l'asse della sbarra faceva con il meridiano geografico del luogo, la seconda veniva ottenuta facendo oscillare la sbarra: il quadrato del tempo di oscillazione era inversamente proporzionale alla componente orizzontale del campo magnetico terrestre (sotto l'ipotesi che il momento magnetico della sbarra rimanesse costante).

Con il magnetometro bifilare si misuravano sia la declinazione che l'intensità. Per la declinazione il metodo era identico a quello usato con l'unifilare. Per l'intensità, invece, si ricavava la condizione di equilibrio della sbarra sottoposta all'azione del campo magnetico terrestre e al momento di torsione dei due fili di sospensione.

Gli strumenti erano costruiti a Gottinga e inviati nei vari istituti che partecipavano al programma di cooperazione internazionale proposto dallo stesso Gauss e conosciuto con il nome di «Magnetisch Verein» (Associazione magnetica).

2. *Lo studio del magnetismo terrestre a Brera nel periodo 1831-1859*

Gli astronomi di Brera incominciarono a fare misure di declinazione e inclinazione magnetica verso la fine del primo decennio del 1800 con un cannocchiale magnetico di Coulomb-Prony e un inclinometro di Lenoir. Questi strumenti furono usati fino al 1836 quando l'Osservatorio aderì all'Associazione Magnetica di Gottinga e si equipaggiò, per la misura della declinazione e dell'intensità della componente orizzontale del campo magnetico terrestre, con il magnetometro progettato da Gauss. L'inclinazione veniva invece misurata con uno strumento progettato da Kreil, l'astronomo di Brera incaricato delle misure magnetiche.

La partecipazione di Brera al programma di Gauss seguì alla visita, nell'autunno del 1831, di due allievi di Gauss — Sartorius e Listing —, che intrapresero un viaggio in Italia, portandosi dietro degli strumenti portatili, per istituire in diversi luoghi osservazioni magnetiche con strumentazione e modalità di misura corrispondenti a quelle di Gottinga; le loro prime osservazioni in Italia furono fatte presso l'Osservatorio di Milano. Essi concertarono con Carlini, direttore dell'Osservatorio, una serie di misure da fare in seguito con strumenti simili a quelli di Gottinga. Questi furono costruiti a Milano da Grindel, meccanico dell'Osservatorio: erano due apparati unifilari, uno usato per le misure assolute e l'altro usato per quelle

di variazione, del tutto simili a quelli progettati da Gauss a Gottinga. Gli strumenti furono completati nel 1835 e nel giugno del 1836 Carlini poteva annunciare sulla Gazzetta Privilegiata di Milano l'inizio di una nuova serie di misurazioni della declinazione e intensità magnetica fatte con strumenti completamente diversi da quelli allora in uso e che potevano offrire una precisione e una sicurezza pari a quella ottenuta nelle osservazioni astronomiche. Descriveva quindi l'andamento giornaliero della declinazione a Milano, e forniva una tabella con la declinazione media mensile massima e minima, dal gennaio al maggio del 1836 (Carlini, 1836).

Kreil, primo allievo dell'Osservatorio di Milano, fu destinato da Carlini ad occuparsi delle osservazioni magnetiche. Fu coadiuvato da due allievi, Stambucchi e Capelli, e da altri giovani studiosi che frequentavano la Specola; fra questi si distinsero Pietro della Vedova e Curzio Buzzetti.

Le osservazioni magnetiche venivano eseguite in accordo al piano previsto da Gauss: l'ultimo sabato di gennaio, marzo, maggio, luglio, settembre, novembre degli anni 1836-'37-'38 vennero eseguite misure della declinazione ogni cinque minuti. A partire dal 1839 i giorni furono ridotti a 4 nei mesi di febbraio, maggio, agosto, novembre e si iniziò a misurare anche l'intensità orizzontale con il bifilare. In aggiunta a queste osservazioni, per poter determinare le leggi delle variazioni degli elementi magnetici a Milano, furono fatte ogni giorno da 4 a 6 osservazioni, a partire dal 1836.

La novità introdotta dagli astronomi di Milano rispetto agli altri osservatori europei fu costituita dalla misura della variazione dell'inclinazione, ottenuta con uno strumento progettato da Kreil e costruito da Grindel. All'inclinometro Lenoir, infatti, Kreil aveva aggiunto sulla sbarra magnetica due specchietti; le variazioni dell'inclinazione della sbarra magnetica venivano lette per riflessione con un cannocchiale posto a distanza. Lo strumento entrò in funzione nel 1837; dapprima furono misurate soltanto le variazioni dell'inclinazione e dal 1838 anche quelle dell'intensità totale. Le misure con questo strumento continuarono anche dopo la partenza di Kreil da Milano nel 1839, fino al 1841. Le misure cessarono perchè era uno strumento troppo difficile da maneggiare a causa della sua elevata sensibilità agli urti.

L'adesione dell'Osservatorio di Milano al piano di misure magnetiche proposto da Gauss fu piuttosto casuale, anche se convinta: il 28 gennaio 1836 Littrow, direttore dell'Osservatorio di Vienna, aveva comunicato a Carlini (Littrow, 1834-46) di avere a disposizione un magnetometro costruito da Meyerstein, tecnico di Gauss a Gottinga, e proponeva che lo strumento venisse usato a Milano dal momento che a Vienna non era disponibile né un locale adatto né personale che si occupasse delle misurazioni.

Carlini accettò e propose al governo di poter vendere quello costruito da Grindel per le misure assolute a Configliachi (professore a Pavia). Lo strumento di Vienna fu spedito a Milano il 9 agosto 1836 e il 1° marzo 1837 quello di Grindel venne inviato a Pavia. Lo strumento di Grindel rimasto a Milano servì per le misure di variazione e quello di Gottinga per quelle assolute: i due strumenti differivano solo nei dettagli.

Carlini, comunque, era ben conscio delle difficoltà alle quali andava incontro. Secondo Carlini, infatti, lo studio dei fenomeni magnetici, interamente appartenenti

alla fisica, doveva essere compito degli studiosi di questa scienza; ma poiché questi non avevano mostrato grande interesse, era necessario che assumessero l'incarico gli studiosi di astronomia, i quali essendo già pratici nell'istituzione di precise osservazioni e trovandosi già provvisti di orologi ben regolati, di cannocchiali e di altri strumenti, potevano iniziare senza lunghi preparativi le indagini stabilite nel piano approntato da Gauss (Carlini, 1846). Gli astronomi, inoltre, avevano grande consuetudine con le misure richieste per la conoscenza degli elementi magnetici, ossia l'esatta determinazione del tempo e la precisa conoscenza della posizione del meridiano con osservazioni di azimuth. Il fenomeno del magnetismo, infine, poteva non essere caratteristico solo della Terra; si pensava presente anche in altri corpi celesti (Gauss, 1833a).

Il contributo teorico di Milano consistette nella traduzione dell'opera latina di Gauss (Gauss, 1837) da parte di Frisiani, secondo astronomo dell'Osservatorio, con l'aggiunta di varie note per facilitare la comprensione delle parti matematiche. Kreil, inoltre, descrisse gli strumenti e le modalità di misura di Gauss. I lavori furono pubblicati nel primo Supplemento delle Effemeridi Astronomiche di Milano per il 1838 (pubblicato nel 1837).

La descrizione, da parte di Kreil, dello strumento di Gauss e delle modalità di misura era molto utile poiché pochi conoscevano la breve nota, aggiunta alla traduzione tedesca dell'originale latino (Gauss, 1833b), nella quale Gauss descriveva la strumentazione e ne indicava l'uso.

Kreil nella prefazione del suo lavoro (Kreil, 1839) scritta nel febbraio del 1839, poco prima di trasferirsi a Praga, dopo aver elencato le difficoltà che avevano ritardato lo studio regolare del magnetismo terrestre, indicava come scopo principale delle osservazioni fatte a Milano, in collaborazione con gli altri osservatori Europei, la conoscenza dello stato magnetico della Terra e delle sue variazioni. Kreil sottolineava come gli esperimenti condotti avevano dato risposte a molti dei quesiti che gli studiosi di geomagnetismo avevano proposto, ma avevano altresì evidenziato l'esistenza di fenomeni che non si sapevano spiegare, ad es. la relazione delle perturbazioni magnetiche con le aurore boreali oppure con le macchie solari.

Milano, che aveva iniziato, come si è detto, la partecipazione al piano proposto da Gauss con Kreil nel 1836, continuò le osservazioni anche dopo la sua partenza, ma con minore impegno. Nel 1839 gli astronomi di Brera cominciarono ad usare il bifilare di Gauss, e a tutto il 1839 furono fatte le osservazioni quotidiane dei tre elementi magnetici. Ogni mese nella *Gazzetta Privilegiata* di Milano veniva pubblicata la declinazione media dell'ago magnetico per due epoche del giorno, ad uso principalmente degli agrimensori.

Parecchi anni dopo Frisiani, che aveva annotato sulle Effemeridi di Milano il lavoro di Gauss, si cimentò in contributi teorici agli studi sul magnetismo terrestre. A partire dal maggio 1860 presentò all'Istituto Lombardo le sue ricerche sull'argomento, esponendole in 4 memorie, che lesse tra il 1860 e il 1874; la pubblicazione seguì a distanza di qualche anno, (Frisiani, 1862a, 1862b, 1863, 1877).

Queste memorie, nelle quali Frisiani si proponeva di cercare la legge analitica della variazione degli elementi del magnetismo terrestre, furono, secondo Schiaparelli, il suo lavoro più pregevole. Ma Frisiani non concludeva nulla sulle cause dei

fenomeni osservati, per cui, nonostante la sua abilità matematica, i risultati che ottenne sono poco significativi sul piano fisico. Quello che più colpisce nella lettura delle sue memorie è l'assenza di qualsiasi riferimento all'interpretazione teorica di Gauss dei fenomeni del magnetismo terrestre in relazione alla teoria del potenziale.

Nel 1845 la Royal Society di Londra riunì a congresso gli operatori dell'Associazione magnetica allo scopo di decidere se proseguire o meno il lavoro. Si decise che era opportuno dedicarsi all'esame delle osservazioni fatte; gli operatori sparsi per l'Europa vennero avvertiti che erano dispensati dalle osservazioni da farsi contemporaneamente nei vari osservatori in alcune epoche dell'anno. Questa notizia giunse a proposito all'Osservatorio di Milano, poichè diversi collaboratori erano venuti meno e il continuare le osservazioni magnetiche era diventato oneroso per gli astronomi dell'osservatorio. Carlini, in seguito alle decisioni adottate a Londra, ordinò al primo allievo di ridurre le osservazioni giornaliere magnetiche a due sole, fissando le ore alle 8 della mattina e alle due del pomeriggio, e spinse Capelli, secondo allievo, ad occuparsi maggiormente dei lavori astronomici, che a causa dei lavori magnetici erano stati trascurati.

In un rapporto richiesto dal Governo Austriaco Carlini (Carlini, 1846) sottolineava l'importanza di 'ridurre' i dati già raccolti affermando, comunque, che era necessario continuare le osservazioni, anche se con impegno limitato, in quanto sarebbero state utili per spiegare i fenomeni ancora ignoti, (ad es. le perturbazioni magnetiche). Era necessario, però che il governo austriaco stanziasse dei fondi affinché Milano, punto più meridionale della rete europea, non rimanesse esclusa dal lavoro. Un altro provvedimento che richiedeva al governo era quello di costruire osservatori magnetici, poichè a Brera le misure assolute non potevano più essere fatte con la precisione che tale genere di misure aveva raggiunto per la mancanza di ambienti adatti.

Il problema posto da Carlini era importante: gli osservatori astronomici in Italia erano in uno stato di estrema difficoltà per la mancanza di strumentazione adeguata, di personale esperto e di risorse economiche. Una proposta ragionevole per ovviare a questo stato di disagio poteva essere quella di scorporare le attività meteorologiche e geomagnetiche dagli osservatori astronomici e accorparle in qualche altro organismo. Ma, per quanto riguarda l'Osservatorio di Brera, negli ultimi decenni della sua dominazione l'Austria fu sempre più restia ad assumere impegni che esulassero dall'ordinaria amministrazione. L'esigenza prospettata da Carlini poté essere soddisfatta solo molti anni dopo l'unità d'Italia.

3. *Lo studio del magnetismo terrestre a Brera tra il 1859 e il 1880*

Nel 1859 Matteucci, allora Direttore dell'Ufficio Telegrafi in Firenze, e in seguito più volte ministro, sollecitò Cavour ad istituire un Osservatorio Meteorologico Centrale. L'iniziativa interessava anche il magnetismo terrestre perchè le osservazioni meteorologiche e geomagnetiche, iniziate negli osservatori astronomici, condividevano ormai la stessa sorte: gli astronomi volevano liberarsi di queste attività, che consideravano estranee all'astronomia. Va rilevato, comunque, che l'esi-

genza di un Ufficio centrale per le previsioni meteorologiche era molto più sentita di quella di un Ufficio Centrale per il geomagnetismo: fu per questa ragione che si pensò sin dall'inizio a un Ufficio centrale per la meteorologia all'interno del quale fosse prevista una sezione per lo studio e le osservazioni di geomagnetismo. Ancora nel 1860 Matteucci insieme a Plana, direttore dell'Osservatorio astronomico di Torino, su invito di Urbain Leverrier, direttore di quello di Parigi (che nel 1860 si apprestava a stabilire un regolare ed esteso servizio meteorologico ad uso della marina francese), sollecitavano i competenti Ministeri italiani alla collaborazione internazionale. Dell'esame della questione fu incaricato il Comando della Marina a Genova, che a sua volta interpellò S.A. Picone, Direttore dell'Osservatorio della R. Scuola Marina di quella città. Picone elaborò un programma molto razionale che, però, rimase inattuato. Né miglior sorte ebbero altri tentativi fatti successivamente dai Ministri della Marina, dei Lavori Pubblici e della Pubblica Istruzione: andarono a vuoto i progetti elaborati con il consiglio di uomini competenti come Schiaparelli, Plana, De Gasparis, Donati, Secchi, direttori di importanti osservatori astronomici, e come Cantoni e Mossotti, professori universitari (Palazzo, 1911).

Anche Carlini, sempre nel 1860, in una nota presentata a Trompeo, presidente della Commissione incaricata di proporre le norme per la costruzione di un osservatorio astronomico centrale a Torino, ritornò sulla necessità di avere un osservatorio meteorologico centrale separato dall'astronomia (Carlini, 1860). Gli astronomi, infatti, si erano occupati fino allora dei fenomeni atmosferici al fine di calcolare la rifrazione atmosferica. Le loro osservazioni venivano poi richieste da medici, da giudici, da geografi, da statistici, i quali però non potevano restarne interamente soddisfatti giacché le misure, essendo dirette ad un unico scopo, non corrispondevano alle esigenze di tutti. Era insomma necessario un osservatorio specifico, nel quale potessero convergere tutte le osservazioni meteorologiche e magnetiche. Nel passato era stato naturale che tali osservazioni si facessero negli osservatori astronomici, perché solo gli astronomi avevano i mezzi per determinare esattamente il tempo, ma dopo l'invenzione del telegrafo i segnali temporali potevano essere trasmessi ad ogni altro luogo.

Inoltre se le osservazioni dovevano soddisfare tutte le esigenze, esse dovevano essere eseguite secondo diverse modalità, in diversi luoghi e a diverse quote. Fu pertanto nominata una Commissione per l'istituzione di un osservatorio meteorologico che, nella prima adunanza del 23 marzo 1861 a Torino, decise di incaricare una sotto-commissione (formata da Carlini, Matteucci, Sismonda e Faà di Bruno) di studiare l'argomento e presentare un progetto per la discussione. La sotto-commissione si riunì il 3 aprile nei locali del Ministero dei Lavori Pubblici.

La Commissione (Carlini, 1861) espresse l'opinione che, per quello che riguardava gli osservatori astronomici, era meglio averne pochi e posti in posizione elevata e favorita da limpida atmosfera. Per gli osservatori meteorologici, era bene che fossero distribuiti su tutto il territorio italiano, mentre sarebbe bastato un solo stabilimento centrale, ove raccogliere le osservazioni ed effettuare quelle che richiedessero particolari accorgimenti. Gli strumenti di maggior valore avrebbero dovuto essere riservati soltanto ad alcuni osservatori speciali. Secondo la commissione non sarebbe stato opportuno accorpate gli osservatori astronomici e gli osservatori

meteorologici negli stessi edifici perché l'edilizia doveva soddisfare bisogni diversi nei due casi.

La Commissione non specificò il luogo dove far sorgere l'osservatorio centrale, ma il Ministero della Pubblica Istruzione pensava che fosse opportuno istituirlo a Torino. In un articolo apparso sul periodico *la Perseveranza* del 13 febbraio 1861 erano invece suggerite o Firenze, dove già Antinori svolgeva osservazioni meteorologiche, o Roma, presso il Collegio Romano, dove Secchi conduceva osservazioni meteorologiche-magnetiche.

Il 29 agosto 1862 moriva Carlini e Schiaparelli gli successe nella direzione dell'Osservatorio di Brera, che sotto il suo impulso conobbe un periodo di nuova vitalità. Intanto il problema posto da Carlini molti anni prima non era stato risolto. Schiaparelli era stato chiamato a far parte di una Giunta incaricata di studiare le basi di un nuovo ordinamento delle osservazioni meteorologiche e magnetiche in Italia. In una relazione scritta da Schiaparelli con Donati e Cantoni, e datata 17 settembre 1862, si riprendeva e approfondiva la linea già suggerita dalla precedente commissione (Schiaparelli, 1862). Si confermava che, tenuto conto della situazione politica ed economica dello Stato Italiano, le necessità più urgenti potevano essere soddisfatte per mezzo della fondazione di un osservatorio centrale magnetico e meteorologico, destinato a far da riferimento agli stabilimenti meteorologici e magnetici pubblici e privati esistenti in Italia. Per quanto riguardava i rapporti tra meteorologia e magnetismo, la relazione metteva in risalto che, sebbene i punti di contatto fossero molti, le modalità di ricerca erano completamente diverse, come diverso era lo stato di perfezione raggiunto. Il magnetismo era soggetto a leggi regolari e per esso era già iniziata la fase 'geometrica'; la meteorologia era, invece, una scienza ancora in una fase immatura. Per questa ragione sarebbe stato utile dividere l'istituzione centrale in due sezioni, quella meteorologica e quella magnetica, sotto un'unica direzione.

In particolare per il magnetismo terrestre si faceva presente che le osservazioni da fare dovevano essere divise in due categorie, ben separate tra loro, e riferite a:

- 1) il rilevamento magnetico dell'Italia;
- 2) le variazioni periodiche e le perturbazioni del magnetismo e le loro relazioni con i fenomeni cosmici e meteorici.

Riguardo al secondo punto erano necessarie registrazioni continue; ma un solo osservatorio sarebbe stato sufficiente. Infatti anche se le variazioni periodiche e le perturbazioni dipendevano dalla latitudine e dalla posizione geografica, l'Italia costituiva una parte molto piccola del globo: in qualsiasi parte del territorio italiano i risultati sarebbero stati praticamente identici, per cui era uno spreco di forze ed energie avere più osservatori.

Dopo aver ricordato che a Parigi, e a Kew (Londra) vi erano già osservatori magnetico-meteorologici permanenti, la relazione suggeriva di costruire l'osservatorio magnetico a Firenze nel giardino del regio museo, e di dotarlo di apparati di registrazione fotografica continua per la declinazione, l'intensità orizzontale e l'intensità verticale.

Riguardo al primo punto, per il rilevamento magnetico dell'Italia l'osservatorio doveva essere munito di magnetometri portatili, coi quali ogni anno si doveva-

no eseguire rilevamenti. Tali operazioni ripetute servivano a determinare le variazioni secolari degli elementi. Questo richiedeva la coordinazione con gli stati confinanti, e per supplire alle carenze delle nazioni poco 'dotte' come Turchia, Grecia, Libia, Tunisia si potevano organizzare campagne di misure nei loro territori.

La direzione dell'osservatorio doveva pubblicare poi annualmente i risultati delle osservazioni fatte o raccolte. Ogni decennio si dovevano discutere completamente le osservazioni per trarne dei risultati, come Edward Sabine presidente della Royal Society, aveva fatto p. es. nella discussione delle osservazioni delle 4 stazioni coloniali inglesi: Toronto, Hobart, Sant'Elena e Capo di Buona Speranza.

Ma prima che il progetto della realizzazione di un osservatorio meteorologico-magnetico centrale prendesse corpo dovevano passare ancora quasi due decenni. Nel frattempo le osservazioni geomagnetiche furono continuate in alcuni osservatori astronomici come Milano, Roma, Napoli anche se con crescente difficoltà a causa della carenza di personale e di risorse. Gli osservatori astronomici, inoltre, erano sempre più persuasi dell'inutilità delle osservazioni meteorologiche e magnetiche per la loro attività di ricerca astronomica. Le osservazioni meteorologiche richiedevano una continuità e una complessità non giustificata dagli scopi dell'astronomia. Le osservazioni geomagnetiche erano inutili per il lavoro degli astronomi e sebbene il geomagnetismo teorico evidenziasse delle connessioni tra fenomeni terrestri e fenomeni astronomici, esso tuttavia era diventato un campo di ricerca per specialisti: gli astronomi non avevano né tempo né possibilità di fare ricerca scientifica contemporaneamente nel campo dell'astronomia e nel campo del geomagnetismo.

Adempiendo alle istruzioni impartite dal Ministero della Pubblica Istruzione con la nota del 12 novembre 1874, Schiaparelli (Schiaparelli, 1875a) presentava una relazione sull'attività dell'Osservatorio di Brera nel 1874. L'anno era particolarmente significativo: su pressione di Schiaparelli, infatti, l'Osservatorio era stato esonerato dalla pubblicazione delle Effemeridi. Le notizie astronomiche utili ai naviganti sarebbero state pubblicate nell'Almanacco nautico della Marina Italiana, alleggerendo quindi di molto il compito degli astronomi.

Nella sua relazione Schiaparelli affermava che desiderava essere liberato dall'incubo delle meteorologia, in quanto non era più possibile garantire la continuità delle serie di misure; sperava che potesse sorgere un osservatorio meteorologico fisico, degno di questo nome, non più dipendente dall'osservatorio.

In particolare riguardo alle osservazioni magnetiche scriveva che esse erano continuate per 39 anni costituendo la serie più lunga di misure di questo genere che fosse stata fatta in un qualunque osservatorio, ad eccezione di quello di Monaco. L'escursione dell'intensità era soggetta ad una variazione undecennale, lo stesso periodo con cui variavano l'attività del sole e la quantità delle sue macchie. In base proprio a queste osservazioni Schiaparelli aveva pubblicato, nello stesso anno 1874, un articolo sulla relazione tra le macchie e la variazione della declinazione (Schiaparelli, 1874) come appariva da un confronto delle misure fatte negli ultimi 38 anni a Milano. Il quadro ottenuto non aveva però la perfezione che Schiaparelli desiderava, a causa della mancanza di uniformità delle ore di osservazione adottate durante quel lungo intervallo di tempo. Per ottenere un quadro omogeneo occorreva co-

noscere la legge della variazione periodica diurna della declinazione a Milano: gli esperimenti per dedurla erano in corso.

Nel 1873 con la prematura morte di Donati, direttore dell'Osservatorio di Arcetri, era sorto il problema dell'indirizzo da dare a quella istituzione. Schiaparelli era stato proposto come direttore, ma rifiutò. Il Governo lo nominò comunque sovrintendente scientifico alle attività della Specola di Arcetri. Schiaparelli presentò al Consiglio Direttivo del R. Istituto di Studi Superiori di Firenze, il 4 febbraio 1875, una relazione sull'osservatorio Astronomico di Arcetri che riguardava l'indirizzo da dare a quella istituzione per renderla più produttiva nel campo dell'Astronomia. Il rinnovato osservatorio, secondo Schiaparelli, per la sua costruzione e la sua posizione, doveva compiere soltanto osservazioni astronomiche; e sottolineava che quando in un osservatorio si introducevano la meteorologia e il magnetismo come parti del servizio, era certo che l'astronomia correva il rischio di essere trascurata.

Per Schiaparelli, infatti, (Schiaparelli, 1875b) o si studiava bene l'astronomia oppure il magnetismo terrestre. Lo studio di quest'ultimo richiedeva l'impiego continuo di parecchi addetti, se si volevano investigare i suoi fenomeni con serietà e perseveranza. I registratori automatici delle osservazioni mutavano la natura del lavoro, ma non lo diminuivano. Non serviva prendere ad esempio Parigi e Greenwich, poichè quelli non erano semplici osservatori, ma riunioni di più osservatori distinti, mentre ad Arcetri non era possibile creare nulla di simile, visto lo spazio esiguo.

Schiaparelli tornò ancora qualche anno dopo sull'argomento della situazione degli studi geomagnetici in Italia. Nel 1879 scriveva (Schiaparelli, 1879b) che le misure di Denza, direttore dell'Osservatorio di Moncalieri, ottenute anche grazie all'appoggio del Ministero della Pubblica Istruzione, avrebbero permesso entro breve tempo la pubblicazione della carta magnetica dell'Italia. Ma per quanto riguardava lo studio delle variazioni del magnetismo terrestre si era fatto molto poco. In alcuni luoghi erano state fatte serie di osservazioni a tal fine, p. es. a Brera e al Collegio Romano, ma le difficili circostanze in cui quei due osservatori magnetici erano condannati a sussistere, non consentivano di soddisfare le necessità di una seria ricerca scientifica. Portava come esempio di un serio osservatorio magnetico quello di Pawlowsk in Russia (il direttore Wild era autore di memorie sulla correlazione tra macchie solari e variazioni del magnetismo terrestre).

La creazione di un Osservatorio Magnetico italiano sarebbe stata meno difficile di quella dell'Osservatorio di Wild, secondo Schiaparelli. Penetrando con un tunnel all'interno di qualche montagna interamente composta di minerali non magnetici, si poteva ottenere una cripta naturale molto adatta allo scopo, perchè si evitavano le variazioni diurne e annuali della temperatura, senza ricorrere ad artifici di costruzione e al costoso e pericoloso impiego di stufe permanenti. Bisognava solo trovare una persona esperta che aiutata da un abile fotografo e da due o tre assistenti sacrificasse al magnetismo terrestre un certo numero di anni.

Nel 1884 vennero pubblicati i risultati delle serie di osservazioni compiute a Brera dal 1872 al 1877. La prefazione del lavoro fu scritta da Schiaparelli mentre l'analisi dei dati fu opera di Rajna. Schiaparelli (Schiaparelli, 1884) tracciava la storia delle osservazioni magnetiche dal 1836 e concludeva affermando che le relazioni tra l'andamento annuale della declinazione e quello dei diversi stati del globo sola-

re, già indicate nel 1874 (Schiaparelli, 1874a) sulla base dei risultati delle osservazioni del 1836-73, non venivano modificate in modo essenziale con l'aggiunta dei dati del decennio 1874-83.

4. *Lo studio del geomagnetismo presso il Collegio Romano*

Oltre che a Brera, l'altro osservatorio italiano in cui nell'ottocento fu svolta una consistente attività di ricerca sul geomagnetismo fu quello del Collegio Romano, dove lavorava l'astronomo gesuita Angelo Secchi (1818-1878). Il punto fermo sugli studi del geomagnetismo era costituito per Secchi dai lavori di Gauss.

Le sue prime osservazioni a Roma furono fatte con un magnetometro di Gauss e un teodolite di Ertel, costruito appositamente senza acciaio. Pio IX fornì successivamente i fondi necessari per l'acquisto di strumenti per le misure assolute e per quelle di variazioni di tutti gli elementi magnetici.

Uno dei più importanti risultati ottenuti da Secchi, attento studioso delle caratteristiche fisiche del Sole, fu la scoperta delle relazioni esistenti tra posizione del Sole e variazione del magnetismo terrestre (Secchi, 1854).

Era noto che le variazioni dell'ago avevano una stretto legame con il movimento del Sole, ma le opinioni sul tipo di azione che l'astro esercitava erano divergenti: era un'azione diretta come quella di una calamita, oppure indiretta attraverso i cambiamenti di temperatura che produceva sulla terra? Secchi dimostrò dall'analisi dei dati di Sabine che le variazioni delle distanze e delle posizioni angolari del Sole bastavano a spiegare le oscillazioni periodiche magnetiche; non era quindi necessario ricorrere ad azioni indirette di questo astro, come la creazione di correnti termoelettriche, e si poteva considerare l'azione del Sole simile a quella di una calamita. Questo non impediva di ammettere l'azione di cause meteorologiche come perturbazioni di queste azioni regolari del Sole.

Ancora sulla relazione tra Sole e magnetismo terrestre Secchi pubblicò nel 1864 un articolo intitolato «Sulla relazione de' fenomeni meteorologici colle variazioni del magnetismo terrestre», che riguardava le macchie solari. Secchi sosteneva l'esistenza di una relazione tra numero di macchie solari e variazioni del magnetismo terrestre, ma pensava che la correlazione fosse piuttosto complessa. Successivamente nella sua celebre opera «Le Soleil» del 1870, scriveva che l'esistenza del periodo undecennale delle variazioni diurne dell'ago magnetico era stata confermata da osservazioni effettuate al Collegio Romano durante l'ultimo decennio, ma che la relazione con le macchie solari rimaneva difficile da spiegare.

Per le intense perturbazioni magnetiche di breve durata Secchi pensava ad un'azione indiretta del Sole. Egli affermava che il periodo undecennale delle variazioni diurne aveva una relazione con le aurore boreali, e che il valore assoluto delle variazioni dipendeva dal numero di aurore. Le aurore erano fenomeni meteorologici, prodotti dall'elettricità trasportata dall'equatore ai poli, attraverso le regioni superiori dell'atmosfera. Questa elettricità produceva sul globo terrestre delle vere correnti che agivano sull'ago calamitato. L'esistenza di queste correnti era praticamente dimostrata in quanto provocavano nei fili telegrafici delle correnti, capaci talvolta di produrre delle scintille.

5. *La costituzione dell'Ufficio centrale di meteorologia*

Il lungo iter per giungere all'istituzione di un ufficio centrale per la meteorologia si concludeva soltanto nel 1879. Qui non riporteremo la storia di quell'iter, anche perchè è una storia che riguarda più la meteorologia che il geomagnetismo. Ci limitiamo a ricordare che l'ordinamento dei servizi meteorologici dello Stato italiano ebbe luogo con la costituzione nel maggio di quell'anno di un Ufficio Centrale Meteorologico, alla cui direzione fu chiamato l'astronomo Pietro Tacchini (1838-1905).

A Tacchini fu anche affidata da parte del Ministero della Pubblica Istruzione la direzione dell'Osservatorio Astronomico del Collegio Romano, essendo stato stabilito che l'Ufficio di Meteorologia prendesse sede nello stesso edificio del Collegio Romano e formasse con l'Osservatorio un unico istituto. L'Ufficio di Meteorologia ebbe anche una sezione fisica, e il primo compito che Tacchini le assegnò fu quello di intraprendere il più presto possibile le osservazioni occorrenti per la formazione delle mappe magnetiche d'Italia, con un lavoro di qualità confrontabile con quella raggiunta in altre nazioni. Il lavoro, intrapreso nel 1881 e terminato nel 1892, fu eseguito prima da Chistoni, e poi da Palazzo, studiosi di magnetismo terrestre, che avevano avuto l'incarico dall'Ufficio Centrale di Meteorologia. Le carte delle isogone e delle isocline furono presentate da Tacchini, con un'annessa relazione (Tacchini, 1893), al Primo Congresso geografico Italiano tenutosi a Genova nel 1892.

La carta delle isodinamiche non fu tracciata a causa di una notevole divergenza tra i risultati delle intensità orizzontali misurate dagli italiani e dai francesi, divergenza che impediva un tracciamento affidabile delle curve relative al confine alpino e alla Corsica. La carta delle isodinamiche fu disponibile solo nel 1905.

6. *Conclusioni*

Come abbiamo visto, nell'Osservatorio astronomico di Brera nel corso di vari decenni si accumulò una serie cospicua di dati sulle variazioni degli elementi che caratterizzano il campo magnetico terrestre. Solo a Monaco esisteva una serie di dati più ricca. Anche al Collegio Romano il magnetismo terrestre fu oggetto di indagine approfondita da parte di Secchi. Gli astronomi, però, consideravano lo studio dei fenomeni geomagnetici un'attività sempre più estranea alla loro attività di ricerca in astronomia. Né d'altronde lo studio dei fenomeni geomagnetici coinvolse qualche fisico italiano, così come speravano gli astronomi e come avvenne in altre parti d'Europa. Basti pensare ai lavori di Weber in Germania per comprendere l'importanza che lo studio dei fenomeni geomagnetici ebbe nella definizione di una nuova area di ricerca — l'elettromagnetismo —.

In definitiva un'attività di ricerca partita con un solido retroterra teorico e con una significativa collaborazione internazionale, nel giro di qualche decennio andò incontro a crescenti difficoltà per deficienze strutturali e insufficienza di personale qualificato. Fu solo nel 1879 che si costituì un Ufficio Meteorologico Centrale con

una sezione fisica alla quale fu affidato, tra l'altro, l'incarico di tracciare la prima carta magnetica d'Italia e fu solo nel 1905 che la carta fu completata. Altri paesi d'Europa, che pure avevano iniziato l'attività di rilevamento all'incirca nello stesso periodo nel quale era iniziata quella italiana, avevano costituito osservatori geomagnetici e tracciato la carta magnetica dei loro territori già da vari decenni.

BIBLIOGRAFIA

- CARLINI F., «Osservazioni meteorologiche», *Gazzetta Privilegiata di Milano* 1836, 6 giugno.
- CARLINI F., «Del piano di osservazioni contemporanee istituite in vari punti del globo e relative al magnetismo terrestre e alla meteorologia», Manoscritto, Archivio Osservatorio Astronomico di Brera, A.A.N., A 039/022 AAN (1846).
- CARLINI F., «Quesito del comm. Trompeo al prof. Carlini e risposta di quest'ultimo», Manoscritto, Archivio Osservatorio Astronomico di Brera, Fondo Francesco Carlini A 287/008 CAR (1860).
- CARLINI F., «Considerazioni sugli osservatori meteorologici», Manoscritto, Archivio Osservatorio Astronomico di Brera, Fondo Francesco Carlini A 287/010 CAR (1860).
- CAWOOD J., «Terrestrial Magnetism and the Development of International Collaboration in the Early Nineteenth Century», *Annals of Science*, 1977, 34: 551-587.
- CAWOOD J., «The Magnetic Crusade: Science and Politics in Early Victorian Britain», *Isis*, 1979, 70 (254): 493-518.
- FRISIANI P., «Ricerche sul magnetismo terrestre. Memoria prima», *Memorie del Reale Istituto Lombardo di Scienze, Lettere ed arti, serie II*, 1862a 8(2): 177-209.
- FRISIANI P., «Ricerche sul magnetismo terrestre. Memoria seconda», *Memorie del Reale Istituto Lombardo di Scienze, Lettere ed arti, serie II*, 1862b 8(2): 485-518.
- FRISIANI P., «Ricerche sul magnetismo terrestre. Memoria terza», *Memorie del Reale Istituto Lombardo di Scienze, Lettere ed arti, serie II*, 1863, 9(3): 69-80.
- FRISIANI P., «Sul Magnetismo terrestre. Quarta Memoria», *Memorie del Reale Istituto Lombardo di Scienze, Lettere ed arti, serie III*, 1877, 13(4): 189-212.
- GARLAND G.D., «The Contributions of Carl Friedrich Gauss to Geomagnetism», *Historia Mathematica*, 1979, 6: 5-29.
- GAUSS K., *Intensitas Vis Magneticae Terrestris ad Mensuram Absolutam Revocata* (Gottinga, 1833a).
- GAUSS K., «Die Intensität der erdmagnetischen Kraft, zurückgeführt auf absolute Masse», *Annalen der Physik und Chemie*, 1833b, 28: 241-273, 591-615. Contiene una nota aggiuntiva che dà una breve descrizione del suo strumento, rispetto a (Gauss, 1833a) di cui è la traduzione tedesca.
- GAUSS K., *Misura Assoluta della Forza Magnetica Terrestre*. Pp. 1-57 in Primo supplemento alle Effemeridi Astronomiche di Milano per l'anno 1838. (Milano, 1837). Traduzione di Paolo Frisiani di (Gauss, 1833a).
- JUNGNICKEL C., McCORMMACH R., *Intellectual Mastery of Nature: Theoretical Physics from Ohm to Einstein*, 2 vols., Vol. 1: *The Torch of Mathematics 1800-1870*. (Chicago and London: University of Chicago Press, 1986).
- KREIL K., DELLA VEDOVA P., *Osservazioni sull'intensità e sulla direzione della Forza magnetica istituite negli anni 1836, 1837, 1838 all'I.R. Osservatorio di Milano*. Pp. I-XII, 1-268 in Secondo supplemento alle Effemeridi Astronomiche di Milano per l'anno 1839. (Milano, 1839).
- LITTRON, «Nuova meridiana, e gabinetto magnetico. Acquisto d'una macchina costrutta a Gottinga». Manoscritto, Archivio Osservatorio Astronomico di Brera, A.A.N. C.39. f.92 (1834-1836).
- MAY K.O., «GAUSS K.», in *Dictionary of Scientific Biography*, Gillespie, C. C. (ed.) (New York: 1972) vol. 5, pp. 298-315.
- MCCONNELL A., *Geomagnetic Instruments before 1900* (Harriet Wynter Ltd., London 1980).
- MCCONNELL A., Nineteenth-century Geomagnetic Instruments and their Makers, in de Clercq, P.R. (ed.) *Fourth Scientific Instruments Symposium, Amsterdam 23-26 october 1984* (Leiden, 1985) pp. 29-52.
- MULTHAUF R.P., GOOD G., *A Brief History of Geomagnetism and a Catalog of the Collection of the National Museum of American History* (Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press, 1987).
- O'HARA J.G., «Gauss and the Royal Society: the reception of his ideas on magnetism in Britain (1832-1842)», *Notes and Records of the Royal Society of London*, 1983, 38 (1): 17-78.
- O'HARA J.G., «Gauss' method for measuring the terrestrial magnetic force in absolute measure: its invention and introduction in geomagnetic research», *Centaurus*, 1984, 27: 121-147.

- PALAZZO L., *Meteorologia e Geodinamica in Cinquanta Anni di Storia Italiana (1860-1910)* (Roma: Reale Accademia dei Lincei, 1911).
- SCHAEFER C., «Über Gauss' Physikalische Arbeiten (Magnetismus, Elektrodynamik, Optik)». Pp. 1-103 in *Gauss Werke* vol. 11(2). (Berlino e Gottingen: Springer, 1924-1929).
- SCHIAPARELLI G.V., DONATI G.B., CANTONI G., «Relazione della giunta incaricata di studiare le basi di un nuovo ordinamento delle osservazioni metereologiche e magnetiche in Italia», *Rivista Italiana di Scienze, Lettere, ed Arti colle Effemeridi della Pubblica Istruzione*, 1862 anno III, 107: 1736-1739. Anche in Schiaparelli (1929-43), Vol. XI, pp. 1-9.
- SCHIAPARELLI G.V., «Il periodo undecennale delle variazioni diurne del magnetismo terrestre considerato in relazione colla frequenza delle macchie solari. Risultati di 38 anni di osservazioni fatte a Milano (1836-1873)», *Memorie della Società degli Spettroscopisti Italiani*, 1874, Appendice 3. Anche in Schiaparelli (1929-43), Vol. XI, pp. 423-434.
- SCHIAPARELLI G.V., «Sullo stato del R. Osservatorio Astronomico di Brera in Milano e sui lavori in esso eseguiti durante l'anno 1874. Relazione del Direttore a S.E. il Ministro della Pubblica Istruzione», *Bollettino Ufficiale del Ministero della Pubblica Istruzione*, 1875a, 15 aprile, 1: 328-342. Anche in Schiaparelli (1929-1943). Vol. X, pp. 159-180.
- SCHIAPARELLI G.V., *Osservatorio Astronomico. Relazione e proposte del Prof. Comm. Giovanni Schiaparelli al Consiglio Direttivo del R. Istituto di Studi Superiori Pratici e di Perfezionamento in Firenze*. (Firenze: Le Monnier, 1875b). Anche in Schiaparelli (1929-43), Vol. X, pp. 257-270.
- SCHIAPARELLI G.V., «Il nuovo osservatorio metereologico-magnetico di Pawlowsk presso Pietroburgo», *La Natura*, 1879, 3, N. 13-15: 377-386. Anche in Schiaparelli (1929-43), Vol. IX, pp. 391-398.
- SCHIAPARELLI G.V., «Nota preliminare del Direttore dell'Osservatorio di Brera», *Pubblicazioni del Reale Osservatorio di Brera in Milano*, 1884, N. 26: 3-12.
- SCHIAPARELLI G.V., *Le opere di G.V. Schiaparelli*, 11 vols., a cura della Reale Specola di Brera (Milano: Hoepli, 1929-1943).
- SECCHI A., «De l'action du Soleil sur les variations periodiques de l'aiguille aimantée», (Extrait d'une Lettre du P. Secchi a M. Elie de Beaumont). *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, 1854a, 39: 687-620. Anche in «Sur le variations périodiques du magnetisme terrestre», *Bibliothèque des Sciences physiques et naturelles*, 1854a, 27: 192-205; 28: 13-27.
- TACCHINI P., «Introduzione», *Annali dell'Ufficio Centrale Meteorologico e Geodinamico Italiano*, 1893, serie II, 14 (I): VII-XI.
- TAGLIAFERRI G., TUCCI P., «K.F. Gauss e la partecipazlone di Brera al suo programma di misure geomagnetiche», *Atti della Sez. di Storia della Fisica del LXXIV Congresso della SIF, Urbino, 1988*: 267-284.