



## Seconde bozze

Marco Piccolino

### CARLO MATTEUCCI (1811-1868)<sup>1</sup>: TRA IL RISORGIMENTO DELL'ITALIA E LA RINASCITA DELL'ELETTROFISIOLOGIA

#### ABSTRACT

This memoir focuses particularly on the electrophysiological experiments by which, at the beginning of the 1840s, Carlo Matteucci was able to provide an unequivocal instrumental measurement of the electricity existing inside the excitable tissues of animal organisms by using a sensitive galvanometer. This was a very demanding achievement, particularly because of the spurious electricity constantly generated, through electrochemical effects, at the contact between the metal electrodes of the galvanometer and the animal tissues. Matteucci succeeded in his goal with the experiment of the “half-frog thighs” battery, a milestone of in the progress of modern neurosciences.

Non ho bisogno di dire quanto importi per l'educazione intellettuale di un popolo e volentieri aggiungo per la sua educazione morale, l'essere iniziato a quello spirito scientifico e all'uso del metodo sperimentale che è una scuola perenne di sincerità, di pazienza, di precisione, di amore alla verità. È impossibile che un metodo, il quale conduce sicuramente alla scoperta delle verità naturali, non dia alla nostra mente una forza, un'educazione che abiliti a scoprire e cercare il vero anche nei fatti sociali e morali.

Le parole con cui Carlo Matteucci (Fig. 1) introduceva nel 1867 un volumetto divulgativo dedicato alla pila di Volta danno in qualche modo la misura del significato che la scienza poteva assumere nel periodo risorgimentale per molti degli uomini di cultura che vissero intensamen-

---

<sup>1</sup> Carlo Matteucci è stato socio dell'Accademia Nazionale di Scienze Lettere e Arti di Modena a partire dal 1860.

M. Piccolino

te la complessa vicenda storica dell'unificazione dell'Italia e si sforzarono di contribuire al suo progresso (Matteucci, 1867). Gli anni di Matteucci, che nacque a Forlì esattamente due secoli fa, nel 1811 (quattro anni prima del Congresso di Vienna, quando le Romagne e altre regioni italiane erano parte dell'Impero Napoleonico), e morì all'Ardenza, vicino Livorno, nel 1868, quando l'Italia era fatta (anche se rimaneva in piedi la spinosa "questione romana" e gli italiani erano ancora tutti "da fare") sono proprio tra i più intensi della storia risorgimentale. Una storia alla quale lo studioso forlivese diede contributi significativi con una attività prodigiosa, in cui fino all'ultimo la scienza occupò – per così dire – il baricentro, punto di equilibrio per lui anche intellettuale ed emotivo in un turbinio potenzialmente dispersivo di iniziative.

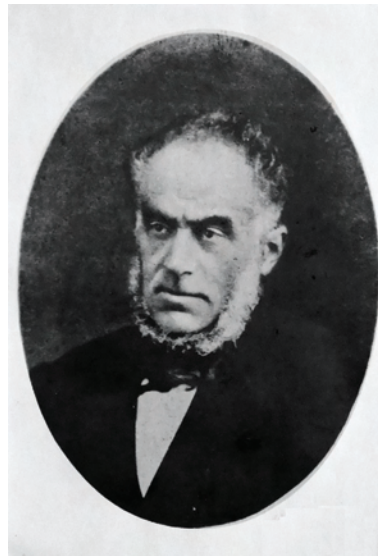


Figura 1 - Ritratto di Carlo Matteucci (1811-1868) all'epoca in cui era Senatore del Regno d'Italia.

In una lettera a Michael Faraday (Fig. 2), uno dei tanti studiosi europei con cui era entrato in corrispondenza fin dagli anni giovanili (e a cui alludeva nel volumetto su Volta), rispondendo agli incoraggiamenti dello scienziato inglese ad intensificare il suo impegno politico (divenuto particolarmente importante con gli eventi del '48), Matteucci scriveva nel 1852:

Io credo di fare politicamente un po' di bene al mio paese, ma vi prego di non incoraggiarmi di troppo su questa via, giacché non so mai veder bene dove il dovere e il patriottismo finiscono, e quando la vanità e l'egoismo hanno principio. Perciò ho sempre meco il mio galvanometro, e pianto bottega ovunque mi trovo, facendo ciò che mi torna più facile, dell'elettro-fisiologia<sup>2</sup>. (Bianchi, 1874, p. 217)

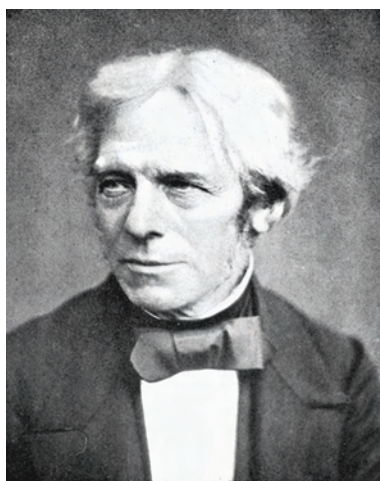


Figura 2 - Michael Faraday (1791-1867) il grande scienziato inglese, famoso soprattutto per le sue ricerche sull'elettrochimica ed elettromagnetismo, con cui Matteucci fu in corrispondenza fin dagli anni giovanili.

Per molti degli uomini del Risorgimento che negli anni della loro giovinezza avevano assorbito la cultura sviluppatasi a Firenze attorno al circolo fondato dal mercante-editore di origine ginevrina (ma nato a Oneglia e vissuto poi a lungo a Livorno) Gian Pietro Vieusseux (Fig. 3), il termine scienza aveva un significato generale e andava oltre il puro studio sperimentale dei fenomeni naturali. Si allargava a comprendere la storia, l'economia, la statistica, quella che ora indicheremmo come so-

---

<sup>2</sup> Alla morte di Matteucci, la moglie Robinia Young, di origine scozzese, lasciò la maggior parte della corrispondenza del marito a Nicomede Bianchi, storico ed archivista che nel 1874 pubblicò una biografia intitolata *Carlo Matteucci e l'Italia del suo tempo*, più attenta all'opera politica che a quella scientifica dello studioso di Forlì. In quest'opera Bianchi cita numerose lettere, di cui in molti casi non è possibile ora rintracciare gli originali. È per questo che si dovrà spesso far riferimento a Bianchi invece che alla corrispondenza originale di Matteucci.

M. Piccolino



Figura 3 - Gian Pietro Vieusseux (1779-1863) l'editore fiorentino, appartenente ad una antica famiglia di mercanti francesi stabilitisi in Svizzera, che con la sua opera culturale e politica dette un contributo importante al movimento che portò all'unificazione dell'Italia.

ciologia, la filologia, la politica, la stessa letteratura e le arti, e questo fu certo il respiro dell'*Antologia*, il giornale fondato nel 1821 da Vieusseux insieme all'aristocratico fiorentino Gino Capponi, uno dei più attivi esponenti della cultura risorgimentale a Firenze. Così fu pure per Matteucci, come risalta in modo espressivo dal ritratto che proprio Capponi tracciò di lui all'indomani della sua scomparsa:

Dello scienziato aveva questo che l'ingegno suo di continuo lo portava (come altri ben disse) a fare esperienze sopra agli uomini e alle cose e sopra a sé stesso; nondimeno, conversando meco e con gli ignari di tali studi non si avea, starei per dire, mai occasione d'accorgersi che fosse quel grande fisico che egli era. Nasceva ciò dal non essere egli tutto, né solamente uomo della sua scienza. In questa chiudevansi quando ampliava i miracoli dell'elettrico o cercava scuoprire gli arcani del magnetismo terrestre, ma sapeva molto bene esservi un altro ordine di fatti i quali se avesse voluto mettere da parte, non avrebbe inteso la vita, nemmeno la vita della scienza ch'egli professava. Il Matteucci vicino al Torricelli di luogo di nascita, avea

Carlo Matteucci (1811-1868)

della scuola di Galileo più che non credesse forse d'avere; per questo in lui era intelligenza d'uomo, e comprensione. Un grande fisico può non essere altro che un grande fisico, ma chi voglia conoscere l'uomo tutto intero lo guardi quando egli discorre altre cose, lo guardi nel complesso dei suoi giudizi, nella estensione del colpo d'occhio, nella potenza di trovare le relazioni tra molti fatti lontani tra loro, lo guardi insomma nella intelligenza di quelle cose che sono la vita. (Capponi, p. 483; e anche Bianchi, p. 45)

Scienza dunque quella di Matteucci, non solo dell'elettricità (in molte delle sue manifestazioni), del magnetismo terrestre (e poi anche della chimica, meteorologia, geofisica), ma anche approccio metodologico inteso, come sottolinea Capponi, «a fare esperienze sopra agli uomini e alle cose», e che, forse con un po' di ingenuità, il fisico forlivese pretendeva di applicare anche alle vicende politiche della complessa fase storica in cui viveva. Significativo da questo punto di vista il testo della prolusione accademica pronunciata all'Università di Pisa nel 1847, dove egli tenne la cattedra di Fisica a partire dal 1840 (Fig. 4). Matteucci

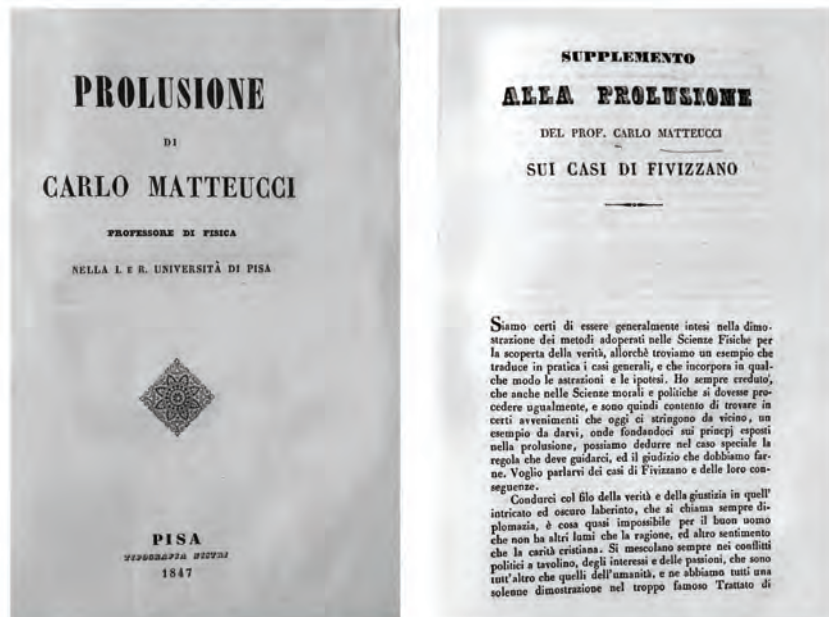


Figura 4 - Il frontespizio della *Prolusione* di Matteucci del 1847, con il *Supplemento* in cui parla degli avvenimenti di Fivizzano e Pontremoli.

esordisce dicendo che non vuole pronunciare «un eloquente panegirico della propria scienza», un discorso del tipo di «quelle solenni prolusioni... più orazioni che lezioni» che fanno riferimento «ai più sublimi bisogni del nostro spirito e comprendono la soluzione dei più grandi problemi dell'umanità», discorsi che si addicono alle «scienze filosofiche e morali», ma che – gli pareva – «non convenissero nelle scienze positive e sperimentali» quale quella che era chiamato ad insegnare (Matteucci, 1847a).

Dopo aver creato così l'aspettativa (almeno nel lettore moderno) che le sue parole rimangano nell'ambito di un discorso neppure troppo generale sui metodi e sulle conquiste della fisica dell'epoca, eccolo subito dichiarare che egli non intende però limitarsi a parlare di «pile e di storte», di « $x$  ed  $y$  senza mai rivolgere la mente a quelle incognite che comprendono lo sviluppo di tutte le nostre facoltà, dei nostri rapporti colla società e colla nazione e da cui dipendono la salute e la gloria della patria comune». E tutto quello che segue sarà un discorso di tono intensamente patriottico rivolto «alla gioventù studiosa che è il fiore della nazione» per suscitare l'impegno a far sì che «lo straniero ... se nemico ci tema, se amico c'ammiri e gridi *l'Italia fra vent'anni sarà ancora una grande Nazione*», un discorso insomma – quello del giovane professore – infarcito di tutta la buona retorica dell'occasione, sebbene annunciato come le parole di «un Fisico che v'espone col rigore d'un esatta osservazione».<sup>3</sup>

Nel 1847, l'anno della *Prolusione*, la storia risorgimentale si apprestava ad entrare in una fase particolarmente calda. Le parole di Matteucci (che di lì a poco avrebbe svolto un ruolo di primo piano nella mobilitazione del battaglione universitario che nel '48 si sarebbe immolato – insieme agli studenti napoletani – a Curtatone e Montanara) si inserivano bene nell'atmosfera surriscaldata che la Toscana – e Pisa in particolare – stava vivendo. La tradizionale turbolenza libertaria e patriottica degli studenti, tra i quali numerosi erano i mazziniani e demo-

---

<sup>3</sup> Significativo poi che, nell'opuscolo a stampa pubblicato a Pisa, il testo del discorso accademico sia seguito da un *Supplemento alla Prolusione, del Prof. Carlo Matteucci, sui casi di Fivizzano*, dedicato ad una complessa vicenda storica legata al tentativo messo in atto dal Ducato Estense di Modena (uno dei più retrivi e filo-austriaci degli stati italiani) di annettersi - nell'ambito dei complessi equilibri stabiliti dal Congresso di Vienna (e a danno del Granducato di Toscana) - i territori di confine di Fivizzano e Pontremoli. Una manovra potenzialmente destabilizzante per la Toscana, la regione d'Italia verso la quale erano puntati gli sguardi di molti risorgimentali come possibile punto di attrazione per una riunificazione del paese. Anche in questo secondo testo ritroviamo la convinzione che gli stessi principi e metodi “adoperati nelle Scienze Fisiche per la scoperta della verità” fossero validi per le “Scienze morali e politiche”, e quindi la convinzione che i “casi di Fivizzano e delle loro conseguenze” potessero costituire un esempio dell'applicazione di tali principi.

cratici – con anche una buona dose di cospiratori corsi e greci – veniva incoraggiata da esponenti di primo piano del corpo docente, alcuni dei quali – come Matteucci – avevano trovato nella relativamente mite liberalità del governo toscano rifugio da sistemi di governo più oppressivi. Nell’ambito della riforma degli studi universitari attuata, su direttive granducali, dal “Provveditore” Gaetano Giorgini (un ingegnere formatosi all’*Ecole Polytechnique*), erano infatti giunti nell’ateneo di Pisa personaggi di spicco come il fisico-matematico piemontese Ottaviano Fabrizio Mossotti, che nel ’48 avrebbe avuto – insieme a Matteucci – incarichi importanti dal Governo toscano negli eventi bellici che coinvolgevano il battaglione pisano. Insegnavano a Pisa tra gli altri anche il geologo molisano Leopoldo Pilla, il chimico calabrese Raffaele Piria (che sarà il maestro di Stanislao Cannizzaro), e il chirurgo marchigiano Andrea Ranzi. Insieme a molti professori toscani – e pisani in particolare – essi contribuirono con le loro parole e atteggiamenti ad infiammare il cuore degli studenti, partecipando in prima persona agli eventi bellici, anche col sacrificio della vita (come accadde a Pilla che morì nella battaglia di Curtatone).

Matteucci giocò un ruolo organizzativo e diplomatico importante negli eventi del ’48. Seppure rappresentante di un governo – quello granducale – che, avendo accettato di far partire il battaglione degli studenti, cercava poi di renderne inefficace l’azione con mosse di temporeggiamento (il granduca Leopoldo II – non dimentichiamolo – era un Asburgo e cugino dell’imperatore austriaco), Matteucci seppe ottenere risultati importanti nelle complesse vicende diplomatico-militari di questa fase storica. È principalmente alla sua iniziativa che si deve – a dire di qualcuno che conosceva bene le vicende dell’epoca come Capponi – l’annessione alla Toscana di Massa e Carrara.

Oltre che nei territori appenninici al seguito delle truppe toscane, Matteucci fu attivissimo anche dopo la battaglia. Recatosi a Milano, si adoperò in particolare per ottenere – anche grazie ai suoi contatti internazionali – la liberazione dei prigionieri. Andò poi in missione diplomatica a Francoforte su incarico del governo presieduto dall’amico Capponi, per cercare appoggi alla causa toscana presso gli stati germanici che si stavano scuotendo anch’essi dalla tutela imperiale austriaca; e in seguito, dopo la fuga da Firenze del granduca, si recò a Mola di Gaeta (l’odierna Formia) per cercare di convincere il sovrano a ritornare in Toscana.

*Furore operativo*

Le vicende del '48 segnarono per Matteucci una svolta dal punto di vista del suo impegno politico e civile. Un impegno che già emerso negli anni giovanili e fattosi poi più attivo con l'arrivo a Pisa, si intensificò fino a diventare un aspetto fondamentale della sua vita, con assunzione di una molteplicità di incarichi e ruoli istituzionali che culminarono nella nomina a senatore del Parlamento Subalpino prima, e del Regno d'Italia poi, e nell'incarico di Ministro della Pubblica Istruzione nel primo Governo Rattazzi. Un'occasione questa che egli cercò di utilizzare per intervenire su uno degli aspetti della società italiana che più gli stava a cuore e per il quale aveva già lottato a vari livelli (in particolare con un'intensa attività pubblicistica): la riorganizzazione del sistema educativo italiano, da realizzare sullo schema di quello di altri paesi europei (Francia e Inghilterra in particolare).

Sarebbe lungo e difficile elencare le varie forme in cui si concretizzò l'attività pubblica e istituzionale di Matteucci, che, fino agli ultimi momenti della sua vita, si svolse in parallelo con il suo impegno scientifico, e – come questo – ebbe una dimensione non provinciale e un respiro europeo. Oltre a vari incarichi di natura politico-diplomatica che lo portarono a Berlino e a Parigi (una città che era per lui un vero polo di attrazione fin dagli anni giovanili), svolse ruoli importanti nell'ambito del suo interesse per l'istruzione pubblica e l'organizzazione della ricerca scientifica, a cui dedicò tra l'altro un'attività pubblicistica particolarmente intensa. Fu dal 1864 vicepresidente del Consiglio Superiore della Pubblica Istruzione; fu direttore del Museo di Fisica e Scienze Naturali di Firenze e operò attivamente per la costituzione nella capitale toscana e in altre città d'Italia di una Scuola Superiore sul modello delle *Grandes Écoles* francesi; diede inoltre un nuovo regolamento e un nuovo impulso alla Scuola Normale di Pisa e contribuì a sprovvincializzare la scienza italiana anche chiamando in Italia scienziati stranieri come i tedeschi Hugo e Moritz Schiff.

Alcuni dei suoi impegni istituzionali e amministrativi furono strettamente connessi con i suoi interessi e con le sue conoscenze tecnico-scientifiche, in particolare nell'ambito dell'elettrologia e della meteorologia (due campi di studio che furono sempre al centro della sua attenzione fin dal primo articolo pubblicato a Bologna quando aveva solo sedici anni e dedicato proprio allo studio dell'influenza dell'elettricità atmosferica sugli eventi meteorologici). Sotto certi aspetti Matteucci può essere considerato un esperto che metteva le sue competenze al



servizio pubblico, un *grand commis* dello Stato, come quando – ancora in epoca granducale – organizzò i servizi telegrafici in Toscana (su suo progetto venne messa a punto nel 1847 la prima linea di telegrafia elettrica in Italia, quella che collegava Pisa a Livorno, e subito dopo Pisa a Firenze per poi estendersi a diverse altre città della Toscana). Contribuì successivamente all'organizzazione dei servizi telegrafici nazionali divenendo direttore del Consiglio dei Telegrafi Italiani nel 1865, anno in cui fu pure incaricato di presiedere il Comitato Meteorologico, dopo aver messo a punto, su richiesta della Marina Militare, il primo sistema integrato di comunicazione telegrafica dei dati meteorologici. Tra gli incarichi di Matteucci meno comprensibili in rapporto ai suoi interessi immediati di tipo politico e scientifico-tecnico, ci sono anche quelli di commissario, nel 1857, dell'Esposizione Agricola di Firenze e di presidente del Comitato Italiano dell'Esposizione Mondiale di Dublino del 1865.

Questo prodigioso attivismo pubblico, che – come abbiamo detto – va di pari passo con i suoi impegni sperimentali (e didattici) di fisico e fisiologo, fa parlare il biografo di Matteucci, Nicomede Bianchi, di «furore operativo», di una mente «nella quale il multiforme lavoro ferveva senza riposo, producendo progetti di leggi, Memorie e libri scientifici, scritti per le pubbliche effemeridi [cioè per giornali e riviste], e una sterminata corrispondenza epistolare.» (Bianchi, p. 535). Ricordiamo che nel proteiforme attivismo di Matteucci sono anche da annoverare – oltre alla collaborazione su argomenti diversi a giornali italiani e stranieri (tra questi ultimi la celebre *Revue des deux mondes*) – anche la fondazione nel 1855, insieme a Raffaele Piria, del *Nuovo Cimento, Giornale di Fisica, di Fisica e di Scienze affini*, una rivista che ha segnato da allora fino ai giorni nostri la storia della fisica italiana (Fig. 5).<sup>4</sup>

La straordinaria mole degli impegni a cui Matteucci si dedicò, oltre che espressione di caratteristiche temperamentali personali, era probabilmente dovuta anche al “furore” che agitava in quegli anni non solo lui, ma molti altri intellettuali. Ciò avveniva sia perché il compito di organizzare le strutture del nuovo Stato (e di “fare gli italiani”) si presentava particolarmente arduo, sia perché, da un altro punto di vista, il Risorgimento fu uno dei pochi periodi della storia recente del nostro paese in cui ad incarichi pubblici importanti venivano chiamati di solito persone esperte e competenti (e non personaggi scelti solo in base alla loro appartenenza politica o ad altri poco nobili criteri).

---

<sup>4</sup> Fu su questa rivista che Antonio Pacinotti, uno dei “patriottici” professori di Pisa, pubblicò nel 1865 l'articolo in cui annunciava la costruzione di una nuova “macchinetta” elettromagnetica” destinata poi a fare epoca: la dinamo.



Figura 5 - Matteucci negli anni della maturità, insieme a Raffaele Piria (1814-1865), con il frontespizio del primo fascicolo del *Nuovo Cimento*, la rivista scientifica da loro fondata nel 1855.

### *Scienza in itinere*

Prima di entrare nel merito specifico di questo articolo, che si concentrerà in particolare sulla prima fase delle ricerche elettrofisiologiche di Matteucci, vorremmo ancora sottolineare che, in qualunque circostanza venisse a trovarsi, lo scienziato forlivese si ritagliava sempre il tempo e i modi per occuparsi di scienza, e fare – se possibile – esperimenti, o dare dimostrazioni dei risultati delle sue ricerche. Così accadeva nel corso dei suoi spostamenti in Italia e in vari paesi europei, alcuni dei quali fatti in relazione ai suoi incarichi politici o istituzionali.

Nel 1844, anno cruciale – come vedremo – nella sua vita scientifica, Matteucci compie un lungo viaggio attraverso l'Europa, con destinazione Parigi e Londra. Nel corso di questo viaggio sale sui pendii del Monte Bianco, soffermandosi a compiere osservazioni ed esperimenti utili a comprendere il meccanismo di formazione e di movimento dei ghiacciai. Formula anche i progetti di possibili successivi esperimenti per verificare le sue ipotesi, come scrive in una lunga lettera indirizzata all'amico Cosimo Ridolfi (uno degli esponenti più attivi del Circolo del Vieusseux e suo collega a Pisa). Giunto in Svizzera, dopo essersi intrattenuto a Neuchâtel proprio su questi temi con il naturalista Louis Agassiz, grande esperto di ghiacciai, rende visita a Berna al fisiologo e istologo tedesco Gabriel Valentin, ripetendo i suoi recenti esperimenti sull'elettricità animale. Inoltre – prendendo spunto da un preparato ana-

tomico di anguilla elettrica presente nell'Istituto del collega – discute con lui sulla struttura dell'organo che permette a questi pesci di produrre la loro terribile scossa (i pesci elettrici erano – come vedremo – uno dei settori più importanti delle ricerche fisiologiche di Matteucci, e Valentin, dal canto suo, aveva studiato pochi anni prima la morfologia dell'organo dell'anguilla elettrica).

Giunto a Parigi, Matteucci ripete nel laboratorio di Jean-Baptiste Dumas, e in presenza – tra gli altri – di Alexander von Humboldt e di Henri Millne-Edwards, alcuni suoi esperimenti elettrofisiologici, e – in particolare – quello fondamentale della “pila di cosce di rane” con il quale era riuscito – come vedremo – a dare la prima prova inequivocabile della esistenza di una elettricità nei tessuti eccitabili degli animali comuni. Dopo Parigi, si dirige verso Londra dove è attratto soprattutto da Faraday. Anche qui ripete i suoi esperimenti elettrofisiologici, in varie occasioni dinanzi ad alcuni importanti scienziati inglesi (al King's College in due occasioni e poi alla Royal Society). Si reca quindi a York, a un meeting della *British Association*, dove dà dimostrazioni sperimentali, dinanzi a un gruppo scelto di colleghi, di vari suoi esperimenti, tra cui quella della pila di rane (che gli vale molti elogi da parte degli scienziati, ma anche qualche critica da parte della stampa londinese «*for a certain degree of cruelty in these operations*» (*Literary Gazette*, 1844: l'antivivisezionismo aveva allora già una lunga storia nella società britannica).

Agli esperimenti delle “*piles de grenouilles*” eseguiti a Parigi nel 1844 Matteucci alluderà nel 1860, in una lettera indirizzata a Dumas e scritta da Torino “*du Palais du Senat*” del Parlamento Subalpino. In questa lettera egli scrive al collega francese di essere da poco riuscito, a dispetto delle sue preoccupazioni politiche, a fare dei buoni esperimenti sulla torpedine («*à faire un bon travail sur la torpille*»; Matteucci, 1860). Non solo agli studi elettrofisiologici si dedicò mentre era a Torino, la città in cui si stabilì per alcuni anni, a partire dal febbraio 1861 quando fu inaugurato il Parlamento del nuovo Regno d'Italia. Pur tra molti impegni politici e istituzionali, nella capitale sabauda Matteucci si ritagliò il tempo e le occasioni per condurre altri tipi di esperimenti, e specialmente quelli legati ai suoi interessi in ambito telegrafico, sulla dispersione verso terra delle correnti nei cavi elettrici (esperimenti che proseguiva poi instancabilmente anche nel corso dei suoi viaggi più o meno occasionali). E non solo! Forzato *malgré lui* a privarsi del contatto con i suoi studenti di Pisa, egli sentì anche il bisogno di tenere, nell'aprile 1861, due mesi dopo il suo trasferimento a Torino, un corso

di lezioni di elettrofisiologia nell'Università della città piemontese (che furono poi pubblicate a cura dei suoi studenti; Matteucci, 1861).

### *Matteucci elettrofisiologo*

L'incontro con l'elettrofisiologia, cioè con la scienza che studia il ruolo dell'elettricità nei processi fisiologici degli organismi viventi, e in particolare nei meccanismi dell'eccitabilità nervosa e muscolare, era quasi inevitabile per un giovane con interessi scientifici spiccati che frequentasse l'Università di Bologna negli anni venti dell'Ottocento, com'era stato il caso di Matteucci, che nella città felsinea si laureò il 25 gennaio 1829, quando non aveva ancora compiuto 18 anni<sup>5</sup>. Questo perché a Bologna era ancora vivo il ricordo della polemica che nell'ultimo decennio del Settecento aveva visti contrapposti il campione locale, Luigi Galvani, e il professore di Pavia, Alessandro Volta. La polemica era divampata nel 1792 quando Volta aveva ripetuto gli esperimenti sul ruolo dell'elettricità nella fisiologia neuromuscolare che il collega bolognese aveva pubblicato nel 1791, in una famosa memoria apparsa nei *Commentari* dell'Istituto delle Scienze della sua città. L'osservazione fondamentale su cui Galvani aveva costruito la sua teoria della "elettricità animale" (cioè di una elettricità intrinseca ai tessuti animali e responsabile della conduzione nervosa e della contrazione muscolare) era la seguente: mettendo a contatto con un conduttore – o "arco" – metallico i nervi e i muscoli di una preparazione di rana, si produceva all'istante una vigorosa contrazione muscolare<sup>6</sup>.

Volta aveva sì all'inizio confermato i risultati del collega bolognese, ma era poi giunto a una conclusione ben differente circa l'origine dell'elettricità in gioco nelle contrazioni muscolari. La conclusione diversa nasceva dall'osservazione che le contrazioni si producevano soprattutto quando l'arco conduttore era costituito di due metalli diversi. Per Volta l'elettricità non era intrinseca ai tessuti animali, ma proveniva dal contatto tra i metalli eterogenei dell'arco (che avevano dunque un'azione "elettromotrice"). Proseguendo la sua indagine, il professore di Pavia era riuscito negli anni successivi a dimostrare con rivelatori fi-

---

<sup>5</sup> Oltre che nel volume di Bianchi non sempre preciso nei dettagli, notizie sulla vita e l'opera di Matteucci si possono trovare in una recentissima biografia scritta da Fabio Toscano (Toscano, 2011)

<sup>6</sup> Sulla storia dell'elettricità animale, l'invenzione della pila e la polemica Galvani-Volta, si veda in particolare Piccolino & Bresadola, 2004, e Finger & Piccolino, 2011.

sici (senza cioè far ricorso alla rana) che una debole elettricità in effetti si produce al contatto tra due metalli diversi. E poi, in uno straordinario sforzo sperimentale e teorico (in parte sotto la suggestione visiva e funzionale dell'organo responsabile della scossa nella torpedine e nell'anguilla elettrica), era giunto «verso la fine del 1799» ad inventare la pila, il «meraviglioso» strumento capace di produrre una corrente continua, costante nella sua intensità, a differenza di quanto avveniva con le comuni macchine elettriche dell'epoca.

Oltre a segnare l'inizio di una fase estremamente importante di progressi scientifici e tecnologici, l'invenzione della pila aveva in qualche modo sancito per Volta una vittoria su Galvani, nella misura in cui essa, mettendo in evidenza il potere elettromotore dei metalli, sembrava dimostrare *de facto* l'insussistenza dell'elettricità animale postulata dal professore bolognese. Questo avveniva a dispetto del fatto che, negli anni della controversia, Galvani avesse potuto produrre contrazioni muscolari non solo utilizzando archi fatti con un solo metallo, ma anche con il contatto diretto nervo-muscolo (o addirittura ripiegando un nervo su se stesso e stabilendo il contatto tra due zone della sua superficie).

Nel periodo successivo all'invenzione della pila, a dispetto del successo dello strumento, era apparsa però subito insufficiente la spiegazione di Volta secondo cui la corrente si produceva per il semplice contatto metallico e sarebbe dunque continuata in modo “perpetuo” (o – com'egli diceva – “indefettibile”) mantenendo il contatto. Per il fisico di Pavia l'esaurirsi della pila che si verificava dopo un uso prolungato era dovuto a fattori accessori (l'asciugarsi degli strati umidi interposti tra i dischi metallici, alterazioni accidentali dei metalli) e non era conseguenza di un vero venir meno di un fattore cruciale responsabile della produzione di corrente. In contrasto con quanto Volta asseriva, a seguito delle ricerche condotte soprattutto in Inghilterra, Francia e Italia, era apparso subito evidente che la pila produceva corrente elettrica a spese di trasformazioni chimiche nei liquidi e metalli di cui era composta, che era insomma una macchina “elettro-chimica”.

Lo studio della relazione tra elettricità e chimica si rilevò subito uno dei settori più proficui della rivoluzione scientifica promossa dall'invenzione della pila, soprattutto dopo che, alla Royal Institution di Londra, Humphry Davy riuscì con l'uso di una pila di circa 2000 elementi a isolare una serie di elementi chimici inesistenti in natura allo stato libero, come sodio, potassio, magnesio. L'elettrochimica conoscerà poi progressi particolarmente significativi con gli studi condotti – dopo Davy – da Faraday, suo assistente e successore alla Royal Institution,

culminando con le ben note leggi elettrochimiche che portano il nome dello scienziato inglese. Fu soprattutto attraverso queste ricerche che emerse lo stretto legame tra elettricità e materia, una scoperta che avrà poi conseguenze fondamentali per lo sviluppo della fisica moderna.

Un altro campo di studi importante promosso dall'invenzione della pila riguardò l'interazione della elettricità col magnetismo messo in luce in seguito alla scoperta (fatta negli anni venti dell'Ottocento, da parte del danese Hans Christian Ørsted) degli effetti magnetici della corrente, e poi l'invenzione (da parte del tedesco Johann Schweigger) del galvanometro, uno strumento in grado di rivelare la corrente che passa in un filo sulla base della deviazione di un ago calamitato prodotta per effetto elettromagnetico. Anche questo ambito di studi culminerà nelle ricerche di Faraday che metteranno in evidenza la possibilità, non solo di produrre effetti magnetici col passaggio di corrente, ma anche di generare correnti elettriche "indotte" sotto l'azione di campi magnetici variabili. Lo sviluppo di queste indagini porterà poi, da un lato all'invenzione della dinamo e degli alternatori elettrici (con conseguenze immense in ambito tecnologico ed industriale), e, dall'altro, alla produzione di onde elettromagnetiche (e in prospettiva allo sviluppo prodigioso delle telecomunicazioni – per non parlare dei riflessi teorici che ebbero per la fisica le ricerche di Maxwell con le sue famose equazioni sul campo elettromagnetico).

Prima di tornare a Matteucci (studente all'università di Bologna, interessato alla fisica e con un'ansia di auto-affermazione che ricorda i personaggi di Stendhal), dobbiamo ricordare che in quegli anni Leopoldo Nobili, un grande fisico italiano di origini emiliane (ma anche lui approdato in Toscana per vicissitudini patriottiche), aveva perfezionato il galvanometro, rendendolo estremamente sensibile, attraverso un dispositivo "astatico" (cioè in grado di controbilanciare gli effetti esercitati sull'ago calamitato dal magnetismo terrestre). Questo strumento, messo a punto a Firenze nel 1825, giocherà – come vedremo – un ruolo fondamentale nelle ricerche elettrofisiologiche dello scienziato forlivese. Con Nobili Matteucci era entrato in corrispondenza all'epoca della sua laurea (quando non aveva ancora compiuto i 17 anni).

Gli anni di Matteucci a Bologna sono dunque quelli che vedono in Europa (e anche in Italia) un fervore di ricerche sull'elettricità (elettrochimica ed elettromagnetismo ma non solo) sul filo soprattutto dei progressi messi in moto dall'invenzione della pila, e – al tempo stesso – la progressiva consapevolezza circa l'inadeguatezza della spiegazione voltiana sull'origine della corrente come dovuta esclusivamente al pote-

re dei metalli. A Bologna era ancora vivo l'eco della polemica tra Volta e Galvani, e c'era ancora chi sottolineava come, con la sua invenzione, Volta non aveva in alcun modo dimostrato inconsistente l'ipotesi di Galvani sull'elettricità animale. Questo soprattutto in riferimento agli esperimenti in cui il professore bolognese aveva prodotto la contrazione delle zampe di rana senza utilizzare alcun metallo. Tra i difensori di Galvani vi era uno dei professori di Matteucci, Michele Medici, fisiologo e storico ufficiale dell'Università. Dunque un'antica polemica, con qualche tono campanilistico, riviveva in un'atmosfera di grande interesse per le ricerche sull'elettricità e sulle sue relazioni con altre forze della natura, in particolare quelle chimiche e magnetiche, e anche quelle implicate nei fenomeni fisiologici (Bresadola, 2011).

#### *L'elettricità animale contestata*

Nel 1825, l'anno in cui Nobili metteva a punto il suo galvanometro astatico, il fisico francese Claude Pouillet pubblicava sul *Journal de Physiologie Experimentale* (fondato pochi anni prima da François Magendie – il maestro di Claude Bernard) un singolare studio volto ad appurare il possibile rilievo di fenomeni elettrici negli effetti dell'agopuntura (Pouillet, 1825). Da questo studio emergeva che deboli correnti elettriche potevano prodursi mettendo a contatto i due elettrodi di un galvanometro con varie parti del corpo (sia di un uomo che di un animale). Quando però, al posto degli elettrodi ordinari di ferro o acciaio – che andavano incontro a ossidazione ed altre alterazioni chimiche al contatto con i tessuti corporei – si utilizzavano elettrodi di platino o di altri metalli inossidabili, non si generava di solito alcuna corrente. L'elettricità che si produceva con elettrodi di ferro o acciaio era dunque di origine chimica, legata a processi ossidativi, e non di origine biologica. Non si trattava dunque di vera "elettricità animale". Data l'autorità di Pouillet, uno dei membri più eminenti dell'*Académie des Sciences*, questi risultati valsero a gettare molti dubbi – almeno nell'ambito della comunità scientifica più qualificata – rispetto alla natura biologica dell'elettricità che veniva misurata con metodi strumentali da vari scienziati o *amateurs* dell'epoca. Anche Nobili, quando tre anni dopo registrò col suo sensibilissimo galvanometro astatico una corrente tra i nervi e muscoli di una preparazione di rana, pensò piuttosto a un fenomeno fisico aspecifico (differenza di temperatura tra nervo e muscolo dovuta a diversa evaporazione) e non a una vera elettricità animale (in-

sieme agli effetti chimici e magnetici, gli effetti termici dell'elettricità erano al centro delle indagini fisiche dell'epoca).

In quegli anni, solo i pesci elettrici, con la loro potente scossa (che può raggiungere – come sappiamo ora – 500 Volt nel caso dell'anguilla elettrica), sembravano garantire ai fisici e fisiologici che la natura si serviva di un'elettricità specificamente collegata alle funzioni dell'organismo vivente, e dunque veramente “animale”. Non a caso questi pesci erano oggetto di studi intensi, sia dal punto di vista fisiologico che morfologico, sin da quando, nel 1772, l'inglese John Walsh era riuscito a stabilire la natura elettrica della scossa della torpedine e – qualche anno più tardi – dell'anguilla elettrica (Piccolino, 2003; Piccolino & Bresadola, 2003; Finger & Piccolino, 2011). Come dirà infatti nel 1836 il famoso fisico francese Antoine Caesar Becquerel nell'introduzione al IV volume del suo *Traité de l'électricité et du magnétisme*, «se un giorno si scoprirà che il fluido elettrico interviene nei fenomeni della vita, sarà dopo aver studiato la proprietà singolare che posseggono questi pesci» (Becquerel, 1836, p. XIV).

#### *A noi due Parigi!*

Come abbiamo detto, Matteucci aveva esordito pubblicando a sedici anni (nel 1827) uno studio sull'influenza dell'elettricità sui fenomeni meteorologici, segno del suo precoce *commitment* verso le ricerche elettriche. Nel contesto storico che abbiamo cercato di tratteggiare era abbastanza naturale che egli rivolgesse la sua attenzione sul complesso ed elusivo rapporto tra elettricità e fenomeni biologici. Nell'autunno del 1829 si era recato a Parigi, fornito – come ci ragguaglia Bianchi – di una lettera di raccomandazione proprio per il famoso Pouillet che pochi anni prima aveva misurato col galvanometro le correnti generate dal contatto tra elettrodi e tessuti umani o animali (concludendo – come si è detto – per una loro sostanziale natura elettrochimica, non dipendente in modo specifico dai fenomeni vitali).

Giunto nella capitale francese, Matteucci si reca al *Conservatoire des Arts et Métiers* dove insegnava Pouillet, e – col suo aiuto – si mette in contatto con gli ambienti scientifici più importanti della città: la Sorbona dove conosce Dumas, l'*Ecole Polytechnique* dove segue i corsi di Becquerel e Louis-Jacques Thenard, l'*Observatoire* dove entra in stretta relazione con François Arago, il *Collège de France* dove insegnava Magendie, il *Jardin des Plantes* e il *Museum d'Histoire Naturelle* dove segue di corsi di Louis Joseph Gay-Lussac e Georges Cuvier: Fig. 6).





Figura 6 - Alcuni degli scienziati che Matteucci incontrò in Francia e con i quali interagì in vari momenti della sua vita. Dall'alto in basso e da sinistra a destra: François Arago (1786-1853); Jean-Baptiste Dumas (1800-1884); Alexander von Humboldt (1769-1859); Joseph-Louis Gay-Lussac (1788-1850); Claude Pouillet (1791-1868); Antoine Becquerel, (1788-1878). Matteucci ebbe rapporti amichevoli con Arago, Dumas e Humboldt.

Matteucci si mette subito a fare esperimenti, probabilmente su incoraggiamento di Arago, che diventa in breve uno dei suoi mentori principali e gli assicura un facile accesso alle importanti *Annales de Chimie et de Physique* (da lui dirette insieme a Gay-Lussac). In due dei lavori pubblicati su questa rivista mentre è ancora nella capitale francese (Matteucci, 1829 & 1830a), il giovane forlivese affronta – seppure in modo indiretto – la sfuggente relazione che sembrava esistere tra fenomeni elettrici e tessuti animali. È soprattutto il secondo lavoro – scritto nell'aprile 1830 – ad essere importante storicamente per lo sviluppo successivo delle sue ricerche sull'elettricità animale. Richiamandosi ad

uno studio pubblicato nel 1809 dal chimico-fisico inglese William Wollaston nel quale si suggeriva – sull'onda delle indagini elettrochimiche di Humphry Davy – che l'elettricità potesse avere un ruolo sulle secrezioni animali (Wollaston, 1809), Matteucci studia l'azione della pila sui tessuti animali. Fa agire sul peritoneo di un coniglio, attraverso due elettrodi d'oro, una pila formata da quindici coppie bimetalliche e ottiene una serie di reazioni chimiche, con sviluppo di gas e la formazione di alcali e acidi, rispettivamente al polo negativo e positivo della pila. Conclude dicendo che esiste, a suo avviso, «un'analogia tra le secrezioni e le reazioni chimiche prodotte dalla pila»; e suggerisce che deboli correnti elettriche presenti nei tessuti animali possano essere responsabili, non solo di processi secretivi, ma anche delle reazioni chimiche alla base della formazione di molecole organiche (vista la particolare reattività delle sostanze nascenti che si sviluppano a seguito delle reazioni elettrochimiche).

Un'affermazione, questa, che non dovette risultare particolarmente gradita a Pouillet, convinto com'era della natura spuria dei potenziali elettrici registrabili nei corpi animali. Le parole del giovane studioso forlivese implicavano infatti un possibile ruolo dell'elettricità nei processi vitali (sebbene in una prospettiva profondamente diversa da quella ipotizzata da Galvani, e più in linea con gli sviluppi della elettrochimica dopo Volta). Notiamo qui che in quegli stessi anni il possibile ruolo dell'elettricità nei processi secretivi era suggerito anche dagli esperimenti condotti dal medico inglese Alexander P. Wilson Philip, il quale aveva dimostrato che, dopo aver eliminato la capacità secretiva dello stomaco con il taglio del nervo vago, era possibile produrre secrezioni stimolando con la corrente voltaica il moncone distale del nervo (Philip, 1817).

### *Ritorno in patria*

È sul preparato di Galvani che Matteucci conduce poi i primi esperimenti quando, nell'estate del 1830, rientra a Forlì, dove si trova dinanzi a una serie di enormi ostacoli nel suo desiderio di continuare le sue ricerche, ostacoli dovuti sia alla situazione politico-sociale delle Romagne sia alla lontananza dai centri di ricerca internazionali. Egli affronta ora con più impeto e coraggio le difficoltà, forte delle conoscenze ed esperienze che ha potuto accumulare nella breve stagione parigina, confortato anche dalle relazioni scientifiche e umane che è riuscito a stabi-

lire. Il problema su cui si concentra nelle sue prime ricerche al rientro dalla Francia riguarda un particolare aspetto dell'azione dell'elettricità sul moto muscolare (le contrazioni che si osservano al momento in cui si interrompe la stimolazione elettrica). Quando, nel novembre 1830, viene pubblicata a Forlì – probabilmente a spese dell'autore – la breve nota (sei pagine) con i risultati e le deduzioni (non particolarmente brillanti) di questi primi studi elettrofisiologici (Matteucci, 1830b), il giovane fisico sente comunque di appartenere a una comunità scientifica molto meno angusta dei limiti della sua città natale. In particolare il rapporto con Arago comincia ad assicurargli una via diretta per far giungere i risultati delle sue ricerche alle prestigiose *Annales*, invece che consegnarli unicamente ad opuscoli stampati dal tipografo locale. Tra il 1830 e il 1836 appaiono sulla rivista francese ben undici brevi articoli a firma di Matteucci, quasi tutti di carattere chimico o fisico, alcuni dei quali riguardano le proprietà dei tessuti viventi e in particolare il possibile ruolo dell'elettricità nella fisiologia animale<sup>7</sup>. Anche se in nessuna di queste pubblicazioni emergono risultati veramente nuovi e significativi, è certo che il giovane studioso forlivese si vede ora proiettato sulla scena scientifica internazionale e nella condizione di dare il suo contributo ad alcuni dei temi più attuali della scienza del tempo. Forte di questi suoi successi Matteucci, che aveva già stabilito rapporti con il fisico ginevrino Auguste de La Rive, editore della *Bibliothèque Universelle de Genève* (una rivista che comincia anch'essa ad accogliere molti articoli del giovane scienziato), allarga i suoi rapporti internazionali inviando a Faraday nel 1833 (all'età di soli 22 anni) una memoria sui fenomeni elettrochimici. Lo studioso inglese, che proprio in quegli anni conduceva alcuni dei suoi più importanti esperimenti sui fenomeni chimici e magnetici prodotti dall'elettricità, risponde in termini lusinghieri, instaurando così un rapporto epistolare che si prolungherà nel tempo.

Nell'estate del 1834, poco tempo dopo la morte del padre, Matteucci è a Firenze dove viene a contatto con l'ambiente scientifico abbastanza vivace dell'Imperial-Regio Museo di Storia Naturale, un'istituzione che Leopoldo II si sforzava in quegli anni di trasformare in un centro di ricerca e insegnamento di livello europeo, nell'ambito del progetto, promosso dagli ambienti intellettualmente più vivi della città, per modernizzare la Toscana e rinnovare le antiche glorie scientifiche e culturali.

---

<sup>7</sup> Per i riferimenti bibliografici non espressamente citati in bibliografia rimandiamo all'elenco degli scritti di Matteucci riportato in appendice in Bianchi 1874.

Un nuovo impulso in questa direzione era venuto sotto la direzione di Vincenzo Antinori, un fisico appartenente ad una nobile famiglia di Firenze che – come molti intellettuali fiorentini – si era formato nella cerchia del Vieusseux (un circolo che anche Matteucci inizia a frequentare). Tra gli scienziati più eminenti del Museo (e tra gli amici di Vieusseux ed Antinori), v'era Leopoldo Nobili, l'inventore del galvanometro astatico, famoso per varie ricerche nell'ambito dell'elettricità e delle sue applicazioni.

Nel 1832, poco prima dell'arrivo di Matteucci a Firenze, Nobili e Antinori si erano trovati coinvolti in una delicata situazione a seguito di un esperimento da loro eseguito sulla base di alcuni risultati degli studi elettromagnetici di Faraday. Risultati che lo scienziato inglese non aveva ancora pubblicato, ma di cui si era avuta notizia attraverso una nota inserita nei *Comptes Rendus* dell'Accademia delle Scienze di Parigi (Nobili & Antinori, 1831<sup>8</sup>). I due scienziati del Museo fiorentino erano riusciti a produrre una scintilla utilizzando la corrente prodotta in una bobina dal movimento di un magnete (per l'effetto di induzione elettromagnetica che Faraday aveva appena scoperto). Il loro articolo era apparso sull'*Antologia* del Vieusseux prima ancora che Faraday stesso pubblicasse questo risultato nelle *Philosophical Transactions* della Royal Society di Londra. L'*affaire*, che aveva poi avuto un chiarimento, aveva contribuito, soprattutto a Firenze, ad attirare l'attenzione sulle ricerche elettromagnetiche di Faraday. Questa circostanza giocherà – come vedremo – un certo ruolo nella prima grande scoperta del giovane scienziato, quella in cui egli riuscirà – in collaborazione con un fisico di Siena – a produrre la scintilla utilizzando l'elettricità di un pesce elettrico, la torpedine.

Nonostante il clima liberale e meno provinciale della città toscana (e gli incontri con personaggi di rilievo come Capponi, Ridolfi, Vieusseux, l'abate Raffaello Lambruschini, il chimico Giuseppe Gazeri e molti altri – oltre che con Antinori e Nobili), le cose comunque per Matteucci non presero subito una buona piega. Questo accadde soprattutto per le difficoltà che si crearono nel rapporto con Nobili. Sulla base degli esperimenti di Wollaston e delle proprie ricerche iniziali a Parigi, Matteucci ribadisce in una serie di brevi scritti pubblicati tra 1832 e il 1834 sugli "Annali delle Scienze del Regno Lombardo-Veneto" (Matteucci, 1832, 1833 & 1834a) la sua convinzione del ruolo dell'elettricità nei processi

---

<sup>8</sup> L'articolo di Nobili e Antinori, pur datato 31 Gennaio 1832, era apparso sul fascicolo dell'*Antologia* del Novembre 1831, evidentemente pubblicato dopo la fine di Gennaio 1832.

secretivi degli animali (e anche in altri meccanismi biologici). I dati sperimentali su cui si basa sono abbastanza esili, e indubbiamente alcune delle correnti che egli misura col galvanometro sono di natura artefattuale. Ciononostante il problema investigato appare al giovane scienziato di grande interesse, anche perché gli fornisce un modello in linea con le idee antivitaliste cui aderisce, utile a spiegare vari fenomeni biologici (e tra questi – in particolare – i processi secretivi e digestivi). Nel 1834, cioè all'epoca del suo arrivo a Firenze, questi temi vengono ripresi da Matteucci sulle *Annales* di Arago e sulla *Bibliothèque Universelle* di De La Rive in un articolo che finisce per attirargli gli strali di Nobili, mettendo fine alle sue speranze di trovare una collocazione stabile e dignitosa nelle istituzioni scientifiche della città (Matteucci, 1834b, c).

#### *Un giovane in difficoltà e l'improvvisa scintilla*

Come abbiamo già avuto modo di notare, pur avendo misurato col suo sensibilissimo galvanometro astatico una corrente tra i nervi e i muscoli del preparato di rana, Nobili era poco incline a considerare questa corrente come espressione di una vera funzione biologica. Egli valutava quindi criticamente le affermazioni di Matteucci relative alla possibilità misurare col galvanometro correnti nei nervi o in alcuni organi del corpo animale (Nobili, 1834). Ma quello che forse aveva irritato di più il celebre scienziato era una frase del giovane forlivese, che, per giustificare in alcune circostanze la mancanza di segni di elettricità di tipo biologico al galvanometro, sosteneva che questo strumento era poco sensibile, al punto da non segnalare la corrente di una pila voltaica di discreta potenza applicata ai tessuti animali (in grado di produrre forti effetti fisiologici). Insulto intollerabile per Nobili, fiero com'era dell'estrema sensibilità dei suoi galvanometri. Certo è – come la moderna elettrofisiologia ha dimostrato – che, a dispetto della grande efficienza dello strumento di Nobili, nei tessuti eccitabili della rana (e di tutti i vertebrati) vi era (e vi è) un rivelatore di elettricità dotato di una performance non solo superiore a quella del galvanometro costruito dal fisico dell'Ottocento, ma ancora ben al di là dei più sofisticati congegni della microelettronica moderna<sup>9</sup>. E dunque Matteucci aveva ragione nel so-

---

<sup>9</sup> L'apparato presente nei tessuti elettricamente eccitabili dell'organismo è costituito dalla membrana cellulare che separa due ambienti con diversa composizione ionica. Gli elementi centrali del processo di eccitazione sono i canali ionici della membrana, singole proteine a struttura complessa

stenere che la rana poteva rivelare elettricità quando l'ago del sensibile galvanometro di Nobili rimaneva immobile.

Per il giovane fisico forlivese i problemi non venivano solo da Nobili. Brutte notizie (dal punto di vista scientifico) giungevano anche dalla Francia dove Alfred Donné (un fisiologo e batteriologo con grandi interessi per l'elettricità e la fotografia – tra i primi a eseguire fotografie di preparati microscopici) aveva studiato le proprietà chimiche ed elettriche di molti liquidi dell'organismo (saliva, sangue, bile, urina ecc). Donné era giunto alla conclusione che i potenziali elettrici misurati tra due parti del corpo animale sono spiegabili sulla base di semplici effetti elettrochimici dovuti all'alcalinità o acidità dei liquidi corporei e non sono espressione di un meccanismo genuinamente biologico di produzione dell'elettricità. Matteucci, il quale aveva affermato che le correnti da lui misurate scomparivano o si attenuavano con la morte dell'animale, veniva esplicitamente citato e smentito in un lavoro pubblicato dallo studioso francese nel 1834 (Donné, 1834).

Per il giovane scienziato, sottoposto ad attacchi violenti da parte eminenti membri dell'establishment scientifico nazionale e internazionale, sembrava davvero la fine, una debacle totale. Rimaneva pur sempre una speranza, nel tentativo di dimostrare che gli organismi viventi sono in grado di produrre una vera elettricità animale, cioè un'elettricità che dipende da fenomeni genuinamente fisiologici. Vi erano i pesci elettrici e tra questi le torpedini, una specie ittica abbastanza comune nei nostri mari, della cui "elettricità animale" neppure il grande Volta, campione dell'elettricità dei metalli, aveva mai dubitato. Concludendo l'articolo pubblicato sia sulle *Annales* che sulla *Bibliothèque Universelle* (e intitolato appunto *Sur l'électricité animale*), Matteucci attribuiva alla complessità dell'organizzazione dei tessuti animali le difficoltà che si frapponavano alla rivelazione dell'elettricità a suo avviso implicata nei processi secretivi. E lasciava aperta una porta alla speranza: «Questa elettricità ci è nascosta dall'organizzazione: è nella torpedine che si deve cercare questo segreto; è questa la grande scoperta che resta da fare» (Matteucci, 1834b, c). Parole – come vedremo – profetiche per lo sviluppo immediato delle sue ricerche in questo campo (e più in generale per la storia della fisiologia).

Anche se, infatti, dopo le ricerche condotte da Walsh sulla torpedine e sull'anguilla elettrica, pochi nutrivano allora dubbi sulla natura della

---

che si attivano per piccoli cambiamenti del potenziale trans-membranario. L'amplificazione resa possibile da questo sistema è dell'ordine di centomila volte (si veda Piccolino e Bresadola, 2003)

scarica dei pesci detti elettrici, il quadro appariva ancora tutt'altro che completo. In particolare pochi studi erano stati compiuti sul pesce gatto africano (una delle tre specie in grado di produrre la scossa), e – per quanto riguardava gli altri due pesci – solo nell'anguilla erano stati ottenuti praticamente tutti i segni tipici dell'elettricità. Anche per la torpedine rimanevano ancora dei tasselli da definire. Ciò avveniva nonostante che, a partire da Walsh, essa fosse stata oggetto di intensi studi, culminati nelle ricerche condotte a Malta – su richiesta da Humphry Davy – dal fratello John Davy (Davy, 1832 & 1834). In particolare, a dispetto dei numerosi tentativi di Walsh e di molti altri dopo di lui (tra i quali quelli compiuti nel 1805 Humboldt e Gay-Lussac e quelli di Nobili stesso, eseguiti proprio nel 1834 ma non pubblicati – anche se noti negli ambienti scientifici), restava da dimostrare che dalla scossa della torpedine si potesse produrre la scintilla. E restava anche da determinare con un galvanometro la corretta polarità della scossa ((Mazzolini, 1985; Finger & Piccolino 2011).

Di particolare rilevanza era il problema dell'impossibilità di ottenere da questo pesce la scintilla. Si sospettava che l'elettricità della torpedine non fosse assimilabile all'elettricità vera, cioè all'elettricità artificiale che – prima dell'invenzione della pila – veniva tradizionalmente prodotta con macchine elettriche a frizione. A dispetto dell'esiguità della carica (o – come allora si diceva – del “fluido elettrico” accumulato), questi dispositivi producevano potenziali elevatissimi, e la scintilla (con altre manifestazioni luminose o sonore: *aigrettes*, stelle, fiocchi, scoppiettii) era considerata tratto distintivo della “vera” elettricità. Per contestualizzare il problema dobbiamo ricordare che, fino alla metà dell'Ottocento, non erano state ancora “unificate” le varie forme di elettricità; e restava aperta la possibilità che l'elettricità atmosferica, quella della pila, quella dei pesci elettrici, quella prodotta dal calore, dai processi chimici, dall'evaporazione, potessero implicare “fluidi elettrici” simili ma distinti.

Le difficoltà a produrre la scintilla nella torpedine sono dovute essenzialmente al basso voltaggio della scossa (40-50 Volt nelle comuni torpedini del Mediterraneo). Nell'anguilla elettrica, che genera scosse fino a circa 500 Volt, Walsh aveva potuto produrre una scintilla visibile proprio per il più elevato potenziale. Si può calcolare che per un voltaggio come quello in gioco nella torpedine la distanza di scintillazione è di circa 10 micron e – di conseguenza – che l'effetto luminoso resterebbe praticamente invisibile, quand'anche la scintilla si producesse.

Impossibile dunque produrre una scintilla visibile e tale da convincere-

re anche i più increduli della natura genuinamente elettrica della scarica della torpedine. Impossibile sì, ma fino ad un certo punto, come Matteucci si rese conto riflettendo, tra 1834 e 35, sui recenti esperimenti elettromagnetici di Faraday e sull'*affaire* della scintilla dall'elettricità artificiale che, nel 1832, aveva creato dissapori tra Antinori e Nobili da una parte, e lo scienziato inglese dall'altra. Tra le conseguenze degli studi di Faraday sull'elettromagnetismo ve n'era infatti una che poteva rappresentare un vero *atout* nello sforzo per produrre la scintilla da questo pesce elettrico.

Vediamo perché. Lo scienziato inglese aveva dimostrato che per induzione magnetica si poteva generare una corrente elettrica immergendo un circuito metallico in un campo magnetico variabile. Questo campo variabile poteva essere prodotto non solo muovendo una calamita, ma anche facendo passare una corrente elettrica variabile in un altro circuito situato in prossimità (su questo principio si costruiranno poi dinamo e alternatori). La reciprocità tra effetti elettrici e magnetici aveva una conseguenza un po' sorprendente. Il campo magnetico variabile prodotto da una corrente che muta di intensità agisce infatti anche sullo stesso circuito in cui passa la corrente variabile e – come per l'induzione magnetica ordinaria – produce su questo circuito una corrente di "autoinduzione" la cui intensità è tanto più elevata quanto più è rapida la variazione della corrente originaria (con valori massimi all'interruzione improvvisa del circuito). Questa corrente di autoinduzione si oppone nel segno alla variazione di corrente che l'ha prodotta e può avere effetti molto marcati perché i potenziali in gioco in questo processo possono essere molto più elevati di quelli implicati nella corrente iniziale (soprattutto – come abbiamo detto – in seguito a variazioni brusche dell'intensità della corrente). È per questa ragione che ai giorni nostri vediamo facilmente prodursi scintille dalla scarica della batteria di un'auto pur essendo il voltaggio della batteria in condizioni di base di solito di 12 Volt (e quindi inferiore a quello della scossa della torpedine). Come quelle ordinarie di induzione, anche le correnti di autoinduzione diventano particolarmente violente avvolgendo il circuito elettrico in una bobina di molte spire, come Faraday aveva fatto nei suoi studi sull'elettromagnetismo.

Torniamo a Matteucci. Siamo nel 1835 a Firenze e il nostro ventiquattrenne scienziato vede svanire definitivamente i suoi sogni di inserimento nell'ambiente scientifico della città quando – alla morte improvvisa di Nobili (avvenuta proprio in quell'anno) – gli viene rifiutata la possibilità di succedergli al Museo. Per di più i suoi risultati sull'elettricità ani-



male sono oggetto di critiche abbastanza taglienti sia in Italia che in Francia. In questa situazione difficile egli intravede nella torpedine e in quello che indica come “apparecchio dell’extracorrente” di Faraday un’ultima possibilità di riscatto scientifico. Concepisce verso la fine del ’35 l’idea di condurre esperimenti sul pesce, inizialmente sulle coste marzemmane della Toscana, tra Orbetello e Talamone, insieme a Santi Linari, un padre scolopio che insegnava fisica all’Università di Siena. Il progetto è di eseguire insieme esperimenti nella primavera del ’36 (nei nostri mari le torpedini si pescano facilmente tra primavera e estate). Ma le cose si complicano per Matteucci che si vede obbligato a tornare in Romagna per una serie di affari privati. Linari va da solo, e il 27 marzo riesce ad ottenere a Talamone per la prima volta la scintilla dalla scossa della torpedine seguendo le indicazioni che Matteucci gli aveva dato sul modo di condurre l’esperimento. Comunica il successo al collega e – dopo alcune esitazioni e reciproche diffidenze – i due concordano di continuare gli esperimenti separatamente ma in stretta collaborazione, Linari in Toscana, Matteucci sulla riviera adriatica, a Cesenatico (dove anche Galvani aveva studiato lo stesso pesce nel 1795).

Come quelli dello scolopio, anche gli esperimenti di Matteucci hanno successo (Fig. 7). Oltre alla scintilla il giovane studioso riesce a produrre anche effetti chimici e magnetici (questi comunque già ottenuti tra il 1829 e il 1832 da John Davy) e riesce anche a determinare la polarità esatta della scossa (dorso del pesce positivo rispetto al ventre al momento della scarica), dimostrando inesatte le conclusioni di Davy su questo punto. Entusiasta degli esperimenti, e forse con un po’ di precipitazione, Matteucci comunica i risultati ad Arago che li presenta all’*Académie* nella seduta dell’11 luglio 1836 (Matteucci, 1836a). È l’inizio della gloria per lui (che intanto ha riferito il risultato ad altri corrispondenti tra i quali Faraday). Ma è anche l’inizio di una fase di amarezze, dovute alle rimostranze di Linari che si sente in parte defraudato dal comportamento di Matteucci, come se il collega avesse voluto privarlo della gloria di aver per primo ottenuto il fatidico risultato.

Non possiamo entrare nei dettagli di questa storia di incomprensioni e rivalità che per alcuni anni continuarono ad avere riflessi proprio nel prestigioso scenario dell’*Académie*, attirando su Matteucci malevolenze più o meno interessate da varie parti. Rimandiamo per questo all’articolo su Matteucci scritto nel 1964 da Giuseppe Moruzzi (Moruzzi, 1964) e alla recentissima biografia scritta da Fabio Toscano (Toscano, 2011). Certo è che, nella lettera inviata ad Arago, Matteucci distingue bene i risultati di Linari da quelli ottenuti personalmente da lui, e

mette in evidenza la priorità cronologica dello scolopio nella produzione della scintilla. Uno degli aspetti che potrebbe però aver irritato Linari è il fatto che Matteucci menzioni tra i risultati ottenuti da lui – ma non dallo scolopio – anche la determinazione della corretta polarità della scossa del pesce.<sup>10</sup>

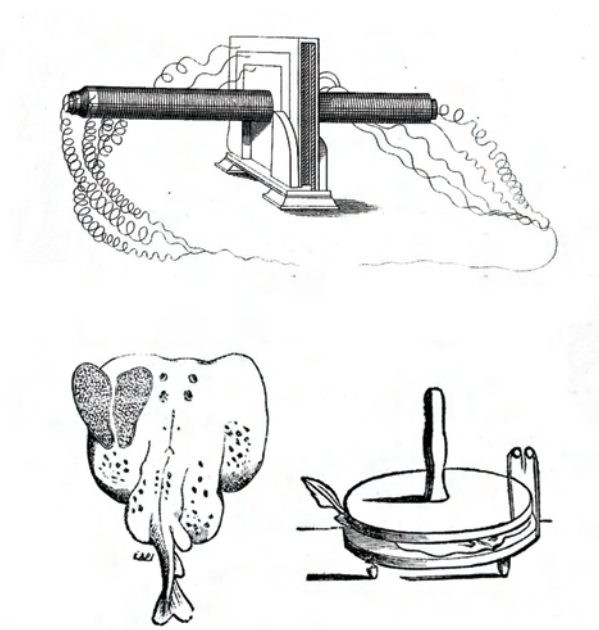


Figura 7 - L'esperimento della scintilla nella torpedine di Linari e Matteucci. Sopra, l'apparato utilizzato da Linari (e poi da Matteucci) per produrre la scintilla sulla base del fenomeno di autoinduzione elettromagnetica scoperto da Faraday (da Linari, 1839). Sotto, la torpedine e una diversa disposizione sperimentale utilizzata da Matteucci per ottenere la scintilla senza far ricorso ai fenomeni di induzione elettromagnetica (da Matteucci, 1844).

<sup>10</sup> A riguardo di quest'ultimo risultato è da notare come ci siano altri strascichi polemici, di cui è ancora teatro l'*Académie*. Becquerel che nel 1835 aveva eseguito, in collaborazione con il connazionale Gilbert Breschet, esperimenti sulla torpedine a Venezia (senza però pubblicarne i risultati) ottenendo lo stesso risultato di Matteucci, rivendicava pertanto la priorità, a dispetto del fatto che avesse reso noti i suoi risultati all'*Académie* dopo l'italiano (si veda a riguardo Finger & Piccolino, 2011, cap. 24).

Come che sia, Matteucci sa di aver ottenuto con questi esperimenti un risultato importante che conferma l'idea – esposta nella sua memoria sull'elettricità animale del '34 – secondo cui è nella torpedine che bisogna cercare il segreto di questa forma di elettricità così elusiva e così “nascosta” all'interno dei corpi animali, a motivo della complessità della loro “organizzazione”. Si butta dunque a capofitto in queste ricerche e – tra i risultati significativi che ottiene – vi sono quelli riguardanti i centri encefalici di controllo della scossa. Come già dimostrato nel secolo precedente da Lazzaro Spallanzani e da Galvani, la torpedine non è più in grado di produrre la scossa dopo sezione dei grossi nervi che vanno all'organo o dopo distruzione dell'encefalo nella sua totalità. Matteucci conferma questi risultati e li precisa, notando come basti ledere una porzione specifica della massa nervosa situata nella parte caudale dell'encefalo (il quarto lobo – cioè il bulbo o midollo allungato – particolarmente sviluppato nella torpedine) perché le scariche cessino del tutto. Una scoperta che si affrettò a comunicare nel '36 a Donnè, il quale a sua volta la presenta all'*Académie* (che pubblicherà l'anno seguente una memoria di Matteucci più estesa sull'argomento: Matteucci, 1836 b; 1837a). Anche questo risultato costituì per lo scienziato italiano un successo importante, il cui significato va ben oltre l'ambito degli studi sulla scossa dei pesci elettrici, perché rappresenta una delle prime dimostrazioni di una precisa localizzazione nel sistema nervoso centrale del controllo di una specifica funzione periferica (solo trent'anni dopo Paul Broca scoprirà nell'uomo l'area del linguaggio – l'“area di Broca”). Da parte sua Linari (che a sua volta pubblicò separatamente i suoi risultati in varie forme) giunse a riprodurre con la scossa della torpedine una serie svariata di effetti elettrici, tra i quali anche quelli “metallo-cromici”, messi per la prima volta in evidenza con la corrente artificiale nel 1826 da Nobili<sup>11</sup>.

Dobbiamo ora soffermarci su una circostanza piuttosto significativa nella quale l'*Académie des Sciences* fu palcoscenico della polemica, e dalla quale emerge l'esistenza anche in Italia di un partito anti-Matteucci che non si faceva scrupolo di agire allo scoperto neppure Oltralpe. Nel corso della seduta del 4 dicembre 1837 una commissione formata da Becquerel, Gilbert Breschet e Pouillet, dopo aver esaminato la memoria inviata da Matteucci (che era presente alla seduta), ne metteva in luce gli aspetti significativi e ne proponeva la pubblicazione nel *Recueil des Savans Étrangers*, segno di apprezzamento per la qualità delle ricerche

---

<sup>11</sup> Sull'argomento si veda Finger & Piccolino, 2011.

del giovane studioso italiano. In modo piuttosto sorprendente, il solo membro italiano presente, Guglielmo Libri, matematico e storico della matematica (rifugiatosi a Parigi per motivi politici), intervenne contestando, a favore di Linari, la priorità della produzione della scintilla nella torpedine. E ciò a dispetto dell'evidenza che emerge da un documento prodotto da Arago, secondo cui Linari aveva condotto i suoi esperimenti su indicazioni precise di Matteucci. Libri si oppose inoltre alla proposta di pubblicazione della memoria di Matteucci sul prestigioso *Recueil* (Matteucci, 1837b).

A difesa di Matteucci intervenne con particolare vigore Arago, *secrétaire perpétuel* della prestigiosa istituzione con un discorso ben circostanziato, in cui tra l'altro riferiva il giudizio lusinghiero espresso da von Humboldt sulle scoperte dello scienziato italiano: «*Ce qui m'a le plus remué dans ces derniers temps est la grande découverte de M. Matteucci sur l'action du seul quatrième lobe du cerveau de la torpille!*»<sup>12</sup>

Oltre che dall'importanza intrinseca dei risultati, l'elogio delle ricerche di Matteucci (espresso da Humboldt in una lettera da Berlino datata 25 ottobre 1837) era probabilmente motivato anche dall'ammirazione che lo studioso tedesco, interessato all'elettricità animale e ai pesci elettrici fin dagli esordi della sua carriera, aveva per il giovane italiano per essere questi riuscito dov'egli stesso aveva più volte fallito. Humboldt non solo non era stato in grado di produrre la scintilla dalla torpedine nei suoi esperimenti eseguiti nel 1805 a Napoli insieme a Gay-Lussac, ma aveva avuto insuccessi anche con la scossa molto più potente delle anguille elettriche che aveva studiato sul campo nel 1800, durante il suo viaggio in Sudamerica. *Chapeau*, dunque, da parte del grande naturalista tedesco per il nostro Carlo e nessuna meraviglia che il barone tedesco diventi d'ora in avanti uno dei più grandi sostenitori di Matteucci!

---

<sup>12</sup> Questo è il testo della lettera come riportato nella corrispondenza di Humboldt a Arago pubblicata nel 1907 a cura di Ernest-Théodore Hamy: "Ce qui m'a remué le plus dans ces derniers temps est la grande découverte de M. Matteucci (*Comptes rendus*, p. 503), sur l'action du seul quatrième lobe du cerveau de la torpille. Je pense que cela nous regarde de très près et que les torpilles et les gymnotes pourront nous mettre sur la voie de découvrir dans l'homme l'influence de la matière médullaire sur la contraction musculaire. Je ne suis pas de ceux qui croient à ces mécanismes ou chimismes éternellement dérobés à notre intelligence; il s'agit de ne pas se laisser d'expérimenter en se fondant sur des liaisons de phénomènes déjà observées. Mais on a beau crier; les Gymnotes qui par la permanence de leur force et la position toute différente de l'organe électromoteur jettent tant de jour sur la physiologie du cerveau de l'homme et le mouvement musculaire, n'arrivent pas!" (Hamy, pp. 152-153)

*Manovre pro e contro*

Sarà infatti proprio Humboldt a giocare – insieme con Arago – un ruolo importante nell’evento che deciderà infine per il meglio le sorti del giovane scienziato italiano, e cioè la sua chiamata nel 1840 alla cattedra di Fisica di Pisa. Fu questa la tanto sospirata collocazione in una istituzione scientifica nella quale egli potrà infine svolgere le sue ricerche senza affanni, e riuscirà poi ad eseguire un esperimento fondamentale della storia della scienza, più importante ancora di quelli compiuti sulla torpedine (che pure avevano già portato il suo nome – insieme a quello di Linari – sulla scena scientifica internazionale). Un esperimento che pone le basi della moderna elettrofisiologia e segna una tappa importante nella nascita delle neuroscienze, dando un impulso enorme alle indagini sul ruolo dell’elettricità nella funzione dei tessuti eccitabili e in particolare nella generazione e conduzione del segnale nervoso.

Questo nuovo esperimento di Matteucci, su cui soffermeremo fra poco, rappresentò per il giovane scienziato una vittoria in qualche modo personale in quel percorso di ricerca difficile e spinoso in cui si era immerso al suo ritorno da Parigi, nel tentativo di dimostrare l’esistenza di una vera elettricità animale non solo nei pesci elettrici ma anche nei tessuti eccitabili dei comuni organismi animali. Un’elettricità – come egli aveva presentito – “nascosta” dalla particolare “organizzazione” dei tessuti viventi. Matteucci sarebbe riuscito a “estrarla” e metterla in luce proprio utilizzando il galvanometro astatico di Nobili, cioè il sensibilissimo strumento dell’autorevole scienziato che aveva ferito con le sue critiche, peraltro abbastanza giustificate, l’orgoglio del forlivese appena giunto a Firenze.

In qualche modo le vicende che spianarono la via di Matteucci non ancora trentenne alla cattedra nell’ateneo pisano ebbero un antefatto importante proprio nella famosa seduta dell’*Académie* in cui il giovane studioso aveva dovuto subire gli attacchi di Guglielmo Libri. Con tutta verosimiglianza l’atteggiamento del matematico di origine toscana era stato sollecitato da un partito anti-Matteucci che si stava costituendo in Italia e che si manifesterà di lì a poco in un’occasione decisiva, ma con un finale del tutto diverso da quello previsto dai denigratori del forlivese. È anche probabile che la manovra di Libri si rivelasse di fatto controproducente agli interessi di questo partito, sospingendo Arago, che come altri autorevoli scienziati europei – tra i quali De La Rive e Faraday – era stato più volte sollecitato da Matteucci a intervenire in suo favore, a rompere gli indugi e ad appoggiare in modo deciso le aspirazioni del giovane italiano contro i suoi detrattori.

Ma seguiamo Matteucci che, visti infruttuosi i tentativi di avere una collocazione non precaria a Firenze (e in particolare svanire la possibilità di succedere a Nobili come professore al Museo), viene nominato, grazie ai buoni uffici di un prelado della sua zona incontrato a Firenze, monsignor Giulio Buoninsegni, ottiene di essere nominato direttore della farmacia dell'Ospedale di Ravenna. È possibile che il giovane fisico avesse accettato questa proposta perché gli era stata fatta intravedere la possibilità che all'incarico avrebbe fatto seguito la creazione di una cattedra di insegnamento a lui destinata. Tornato nelle Romagne, oltre a riprendere gli studi sulla torpedine, Matteucci si dedica anche a ricerche elettrofisiologiche sulla rana (e su altri animali meno singolari dei pesci elettrici), convinto com'è che – malgrado tutto – anche nei tessuti di questi animali incapaci di dare la scossa deve esistere una corrente propriamente animale, che si sviluppa sulla base di meccanismi fisiologici e svolge un ruolo in funzioni fondamentali della vita.

Nel 1838, pubblica sulla *Bibliothèque Universelle* di De La Rive (e – come al suo solito – anche sulle *Annales de Chimie* di Arago e Gay-Lussac) un lavoro in cui si serve di un galvanometro “a 2500 spire” del tipo astatico alla Nobili (costruito dalla Ditta Gourjon di Parigi) per misurare le correnti nei tessuti animali con varie disposizioni sperimentali (Matteucci, 1838a, b). In molte delle condizioni studiate, mettendo a contatto i due poli del galvanometro con – rispettivamente – nervi e muscoli, egli riesce a ottenere «*une déviation très sensible*» dell'ago magnetico, indice dell'esistenza di una corrente elettrica ben evidente. Contro le conclusioni di Nobili, egli esclude in vari modi che questa corrente sia dovuta a processi di tipo termoelettrico (mostrando per esempio che la corrente può essere misurata anche quando sia il nervo che il muscolo sono immersi in acqua e mantenuti alla stessa temperatura). Esclude anche che sia dovuta a semplici processi elettrochimici come quelli invocati dal Donné. E mostra in particolare che la corrente si modifica sotto l'azione di vari trattamenti e, in particolare, che scompare quando si genera una contrazione prolungata (o “tetanica”) del muscolo, sia per effetto spontaneo che per applicazione di una soluzione contenente stricnina.

La conclusione è che una corrente animale intrinseca o “propria” (*courant propre*) esiste negli animali comuni, analogamente a quanto accade nella torpedine. La differenza è solo che in questo pesce essa è “condensata” da un organo che la trasforma in una scarica molto potente, mentre nella rana essa è – sebbene meno intensa – implicata nell'estrema eccitabilità dei tessuti nervoso e muscolare. Benché convinto

che vi siano nello studio di questi processi ancora degli “scogli da evitare”, Matteucci conclude con orgoglio affermando: «*Nous touchons ainsi de près à une découverte capitale de la physique animale*», certo nel suo intimo di essersi preso una rivincita contro i suoi critici, passati e presenti.

### *Una riunione importante e una sofferta assenza*

Al momento in cui appare il resoconto di questi esperimenti, le vicende più o meno private della vita di Matteucci vengono ad intersecarsi con una particolare fase della storia risorgimentale che si gioca non con guerre o diplomazie segrete, ma con un evento culturale che sembra corrispondere da vicino allo spirito delle iniziative promosse dal Circolo del Vieusseux, e che fu in effetti portato avanti in modo discreto ma efficace proprio dal mercante-editore di origine ginevrina (fu lui infatti che procurò una parte dei finanziamenti da parte di personaggi ed istituzioni private). Su sollecitazioni degli ambienti politici e culturali del liberalismo toscano (e anche sotto il forte impulso dato da un singolo personaggio, il principe Carlo Luciano Bonaparte, nipote di Napoleone e insigne zoologo, molto interessato tra l'altro ai pesci elettrici), si decide di tenere a Pisa nel 1839, sul modello di quanto avveniva già in altri paesi europei, un congresso di scienziati, con valenza nazionale *ante litteram* (almeno nello spirito di alcuni degli organizzatori e di molti dei partecipanti). Questa prima “Riunione degli Scienziati Italiani” (a cui faranno poi seguito altre otto nell'Italia preunitaria) doveva in qualche modo rappresentare un antefatto e una preparazione alla riunificazione del Paese, riproponendo la Toscana come polo di attrazione culturale per il resto della Penisola. Da un altro punto di vista il convegno si inseriva in una esigenza di impronta illuministica e cosmopolita che spingeva gli scienziati a riunirsi anche oltre i confini dei diversi stati per realizzare quella “Repubblica delle Lettere” sovranazionale che era stato uno degli ideali del *Grand siècle* (Fig. 8).

Nell'atmosfera di grande apertura culturale che l'iniziativa del convegno implicava, il granduca sarebbe stato più sensibile – pensava Matteucci – alle sollecitazioni di un grande scienziato ed eminente membro dell'*Académie* com'era Arago. È per questo che il primo agosto del 1839 il giovane forlivese scriveva da Ravenna al suo mentore francese pregandolo di intervenire con decisione a suo favore. In questa lettera confessava ad Arago di aver sperato inizialmente nella possibilità che si

creasse per lui una cattedra di chimica nella città romagnola. Ma l'iniziativa – che probabilmente era appoggiata dai prelati locali, buoni sostenitori del loro concittadino – non era andata in porto perché – come Matteucci diceva – «*la Cour de Rome se refuse d'y donner l'approbation pour des raisons de politique*» (Matteucci, 1839a)<sup>13</sup>.



Figura 8 - Fazzoletto offerto ai congressisti in occasione della I Riunione degli Scienziati Italiani tenutasi a Pisa nel 1839 (l'originale è policromo).

Le ragioni per cui il Vaticano aveva rifiutato la creazione di una cattedra di chimica per Matteucci annessa all'Ospedale di Ravenna sono da collegare a un episodio che aumentò le tribolazioni del giovane scienziato proprio quando sembrava profilarsi quello che nella lettera ad Arago indicava come occasione «*propice ...très propice*». Matteucci si apprestava a stampare la seconda edizione di un opuscolo teorico, già pubblicato nel 1835, in cui esponeva le sue convinzioni sul metodo scientifico nell'ambito delle scienze della vita e sulle leggi che governano i processi fisiologici negli organismi viventi. Come abbiamo già notato, egli aderiva in quegli anni a una impostazione di tipo ampiamente antivitalista che si proponeva di spiegare i fenomeni della vita

<sup>13</sup> Sul problema della cattedra per Matteucci a Ravenna si veda Amaducci 1939.



sulla base delle stessi leggi fisico-chimiche valide per la materia inorganica. La prima edizione era stata stampata a Firenze e non aveva incontrato difficoltà con la censura (Matteucci, 1835). Ma ora Matteucci era rientrato nello stato della Chiesa e, per ottenere l'imprimatur, non ci si limitò a far esaminare l'opera da un censore locale. Egli fu chiamato a Roma per essere interrogato dal revisore vaticano, monsignor Prospero Caterini. Le cose vennero organizzate – quasi certamente ad arte – in modo che egli dovette recarsi alla “Corte di Roma” proprio durante i giorni della “Riunione degli Scienziati Italiani” a Pisa. Del resto il Vaticano aveva reso impossibile anche la partecipazione al convegno di Ottaviano Mossotti, che insegnava all'Università Ionia di Corfù, ma era – dopo il suo ritorno in Italia dal lungo esilio in Argentina – cittadino dello Stato pontificio. Notiamo *en passant* che, per opposizioni politiche, non poté essere a Pisa un altro grande scienziato dell'epoca, Macedonio Melloni, suddito allora del Regno di Napoli che, come il Vaticano, negava allora il permesso per recarsi in Toscana. Melloni era celebre per i suoi studi sul calore radiante che gli erano valsi nel 1835 l'elezione all'*Académie des Sciences* di Parigi.

Con l'Inquisizione romana le cose si accomodarono. Matteucci fu costretto dal revisore pontificio Monsignor Prospero Caterini a modificare in parte il testo e ad inserire un “Discorso preliminare” nel quale riconosceva che – oltre a funzioni spiegabili sulla base di processi fisico-chimici – esistevano “al sommo della serie” degli esseri viventi delle «funzioni intellettuali, affettive, volitive, che dipendono da un altro principio, estraneo alla materia, semplice, immortale» (Matteucci 1839 b; Fig. 9). Il testo ottenne così l'imprimatur e fu pubblicato il 20 novembre di quell'anno. Il problema fu però che, a causa dell'*affaire*, Matteucci non poté partecipare al convegno di Pisa e la sua assenza tra gli scienziati italiani sembrava destinata ad essere di grave danno per le sue prospettive di carriera.<sup>14</sup> Questo perché il partito avverso, che aveva – come abbiamo visto – le sue diramazioni fino a Parigi, approfittò dell'occasione per mettere nella miglior luce un potenziale competitore del forlivese, Luigi Pacinotti, professore di Fisica Sperimentale nell'ateneo pisano, che aspirava a succedere al vecchio Ranieri Gerbi, nella cattedra di Fisica Teorica. Lo sponsor principale di Pacinotti era Francesco Puccinotti, professore di “Medicina civile” e storico della medicina all'epoca molto famoso, che aveva funzione di segretario della Se-

---

<sup>14</sup> Un altro dei motivi per cui Matteucci fu trattenuto a Roma furono le pratiche per ottenere la “patente” di farmacista, necessaria per svolgere le sue funzioni all'Ospedale di Ravenna.

M. Piccolino

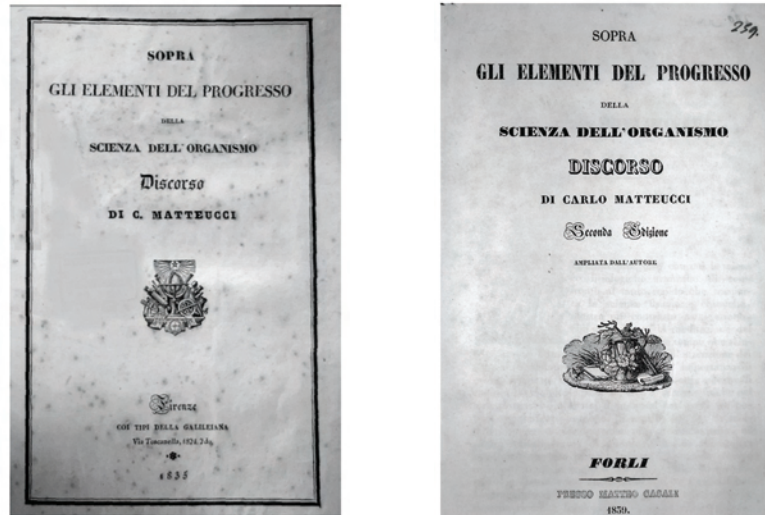


Figura 9 - I frontespizi delle due edizioni del “discorso” di Matteucci *Sopra gli elementi del progresso della scienza dell'organismo*, l'opera che fu all'origine dell'impossibilità per Matteucci di partecipare al convegno del 1839 a Pisa.

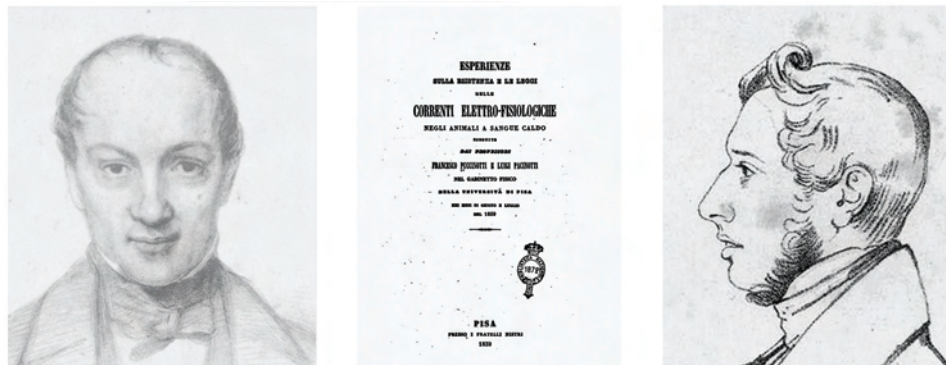


Figura 10 - Francesco Puccinotti (1794-1872) e Luigi Pacinotti (1807-1891), i due “nemici” accademici di Matteucci a Pisa, e il frontespizio della loro opera elettrofisiologica in cui furono pubblicati gli esperimenti presentati durante il congresso del 1839.

zione di Medicina del convegno pisano (Fig. 10). Seguiamo da vicino la ricostruzione e il giudizio sugli eventi che dà Giuseppe Moruzzi, il grande neurofisiologo pisano, che nel 1964 ha pubblicato un importante studio all'opera elettrofisiologica di Matteucci. Ecco cosa scrive Moruzzi nelle pagine. 117-118 del suo articolo:

Negli Atti del Congresso (p. 50) è detto che «erano state dai Professori Francesco Puccinotti e Luigi Pacinotti ripetute nel Gabinetto Fisico le esperienze sulla corrente elettrica vitale negli animali a sangue caldo, da loro scoperta». E si aggiunge che erano state onorate quell'esperienze dall'augusta presenza di S.A.I. e R. Leopoldo II, Granduca di Toscana. Il clinico e il fisico di Pisa esprimevano sull'opera del Matteucci un giudizio che la Commissione all'uopo nominata (e di cui faceva parte [Maurizio] Bufalini) faceva proprio e riassumeva nel seguente modo durante la seduta della Sezione di Medicina del 14 Ottobre 1839 :

«Coteste esperienze furono intraprese nel Giugno e nel Luglio del 1839 in Pisa dai Proff. Pacinotti e Puccinotti. Quest'ultimo ripeteva nel R. Museo di Firenze. Riprendevansi quindi durante il Congresso de' Scienziati. Può affermarsi senza jattanza ch'esse sono le prime per le quali sia finalmente riuscito di ottenere la corrente dalle masse nervee e muscolari d gli animali a sangue caldo in istato di vita. Le correnti ottenute dal Donné e dal Matteucci sono elettro-chimiche, date dai prodotti delle secrezioni acide e alkaline della pelle, delle mucose, o delle superficie epatiche irrorate di bile. La corrente neuro-muscolare di diversa natura, ed è la sola cui possa competere il carattere di corrente propria, o vitale, o di scarica. Il Matteucci in un'ultima sua Memoria sulla corrente propria della Rana aveva detto «*Le tracce della corrente propria non s'incontrano solo nella Torpedine e nella Rana. Ho istituito varie esperienze sopra altri animali subito dopo uccisi, e la corrente si è mostrata in tutti e nella medesima direzione (V. Bibl. Univ. di Ginevra. Maggio e Giugno 1838, p. 167).*» Ma oltre alle differenze che questa dichiarazione presenta nel metodo, avendo noi sperimentato sopra animali nel loro pieno stato di vita, il Matteucci non ha mai resoconto di tali esperienze; e una semplice assertiva non poteva aver altro valore per noi, che l'assicurarci sulla fede dell'illustre Fisico che le correnti vi erano; ma bisognava pur sempre immaginare un modo di ottenerle, e ottenerle.»

In che cosa consistevano questi esperimenti annuncianti in modo così clamoroso e con attitudine così scopertamente polemica. nei riguardi del Matteucci ? Occorre leggere il rapporto presentato dalla Sessione

di Fisica del Congresso (l. c. p. 51).

«Si eseguirono queste esperienze immergendo contemporaneamente l'una nel cervello e l'altra in qualche muscolo due lancette di platino congiunte con i cavi di un filo galvanometrico, e che servivano perciò nel tempo stesso a ferire e ad irritare l'animale e a Condurre l'elettricità. E si riconobbe che veramente all'atto dell'immissione di questi scandagli si eccitava nel filo una corrente anche dà 10, o da 15 e più gradi del galvanometro adoperatosi, dirigendosi essa corrente dentro esso filo dal cervello al muscolo. Però si riconobbe che «di somigliante corrente se ne eccita altresì e pel medesimo verso. benché a dire vero notevolmente più debole, anche nell'animale morto» ... Perciò quantunque la maggiore grandezza degli effetti nell'animale vivente dia molta fiducia che siano vere le deduzioni de' due valenti sperimentatori, rimane però anche il dubbio che questi effetti possano forse essere dovuti alla sole azione fisiche e chimiche dalla parte interessata. »

Il giudizio espresso nella Sezione di Fisica del convegno pisano è – come Moruzzi osserva – sostanzialmente equilibrato. In contrasto con gli elogi altisonanti della Sezione di Medicina (nella quale era certo molto forte l'influenza di Puccinotti), viene in effetti sollevato qualche dubbio sulla vera natura delle correnti misurate dai due professori pisani.

Possiamo formarci una valutazione circostanziata delle ricerche elettrofisiologiche di Puccinotti e Pacinotti leggendo la lunga memoria che essi pubblicarono subito dopo il congresso (e nella quale cercarono tra l'altro anche di controbattere alle perplessità espresse dalla Sezione di Fisica: Puccinotti e Pacinotti, 1839; Fig. 10).

Si tratta di una lunga fila di esperimenti descritti con retorica verbosità (verosimilmente opera soprattutto della penna di Puccinotti, scrittore molto prolifico e pomposo), ma privi di un vero disegno sperimentale, e soprattutto viziati da una serie di artefatti che i due studiosi non riescono ad escludere, pur affermando ripetutamente di aver eliminato qualsiasi dubbio sulla natura “vitale” dell'elettricità misurata con il galvanometro (anch'esso come quello di Matteucci costruito a Parigi dalla Ditta Gourjon – che diventa *Gouryon* nella grafia poco precisa di Puccinotti, che scrive “Puillet” per “Pouillet”, e non solo). In una notevole varietà di animali vivi (conigli, rane, piccioni, passerotti, gatti, alcune torpedini, un gallo e persino un agnello) la procedura sperimentale piuttosto monotona è di introdurre un elettrodo del galvanometro nel cervello e l'altro di solito nel muscolo. Gli elettrodi sono in forma di stilet-

ti o lance e vengono infitti nel corpo dei malcapitati animali in modo rapido al fine di indurre una convulsa reazione motoria. Questo viene detto in modo esplicito quando si afferma che una delle condizioni per produrre la corrente è:

che lo strumento destinato a raccogliere la corrente sia anche il feritore e il produttore di forte improvvisa e profonda sensazione, che determini istantanea reazione automatica o volontaria nell'animale, la qual reazione sprigioni la Corrente, e la spinga fuori degli organi in una specie di moto eccentrico o di scarica. [p. 32]

Tenendo conto della grande sensibilità dello strumento e dei notevoli artefatti elettrici che si producono col movimento dei tessuti animali e degli elettrodi, poca meraviglia (almeno per noi) che la corrente misurata sia in proporzione dell'intensità dei "discuotimenti". Prodotta dunque come conseguenza spuria dei movimenti e destinata ovviamente a cessare con la morte dell'animale. Un risultato che non garantisce certo la pretesa natura fisiologica di questa elettricità, a dispetto della barocca verbosità con cui gli esperimenti vengono riferiti. A dare un esempio di questa prosa poetica fuor di luogo di cui è intessuta la memoria di Puccinotti e Pacinotti, ecco il modo in cui viene descritto il movimento dell'ago del galvanometro al prodursi della ipotetica elettricità vitale:

Nella corrente vitale si vede un pronto salpare dell'ago del Galvanometro subito dopo la prima immersione degli scandagli, e l'amplo e sicuro andare di lui fin dove lo spinge la elettrica pulsione. Giunto al segno vi sosta per alcun poco, e quindi blando retrocede per andare ad ancorarsi di nuovo al suo zero: e se in questa retrocessione avvengono scuotimenti nell'animale riprende allora il cammino proporzionato alla nuova pulsione, la quale lo conduce sulla metà anteriore, o al di qui, o al di là di questa. [p. 79]

La completa inconsistenza dei risultati e delle conclusioni dei due professori pisani emerge in modo particolare da alcuni esperimenti da loro condotti sulla torpedine. Paradossalmente il galvanometro registra in corrispondenza della scossa del pesce una deviazione di minore ampiezza, che durante le contrazioni convulsive degli animali normali. Un dato, questo, francamente abnorme se si pensa che i potenziali elettrici registrabili nei tessuti di animali con elettrodi del tipo utilizzato dai due sperimentatori sono dell'ordine del millivolt, mentre la scossa della torpedine comporta – come già detto – scariche di alcune decine di Volt. A

proposito della torpedine occorre anche notare che, mentre il convegno esprimeva grande plauso per le ricerche sui pesci elettrici condotte da Carlo Luciano Bonaparte, non menzionava con particolare riguardo gli importanti esperimenti sul pesce eseguiti qualche anno prima dallo scienziato forlivese (almeno secondo quanto appare dai rendiconti pubblicati).

Insomma Matteucci assente – e dunque senza possibilità di difendere i suoi risultati ed affermarne l'importanza – in un momento così cruciale per la sua carriera, com'egli si rende ben conto scrivendo ad Arago. Gli eventi sembrano precipitare con la morte, avvenuta poco dopo il convegno, nel dicembre del '39, di Ranieri Gerbi, professore di Fisica teorica e decano dei docenti pisani. Luigi Pacinotti che aspira a succedere al suo vecchio maestro Gerbi (di cui è anche stato supplente temporaneo), e che ha potuto profittare, grazie anche al supporto di Puccinotti, di grande visibilità nel corso del convegno, sembra fatalmente destinato a coronare le proprie aspirazioni, con Matteucci costretto ad attendere ancora nella sua collocazione incerta e periferica, nella farmacia dell'ospedale di Ravenna.

### *La ruota della fortuna*

Nulla di tutto questo. Il 21 Ottobre dell'anno successivo, con un *motuproprio* granducale Pacinotti veniva trasferito (contro la sua volontà) alla cattedra di Fisica Tecnologica e Meccanica Sperimentale, e Matteucci era chiamato a succedere a Gerbi alla Cattedra di Fisica (nella stessa occasione Mossotti era nominato professore di Matematica e Meccanica celeste). Insomma le trame del partito accademico pisano anti-Matteucci si erano completamente dissolte e il giovane forlivese (non ancora trentenne) vedeva pienamente coronarsi i suoi sogni oltre ogni aspettativa.

È certo che alla decisione del granduca contribuirono vari fattori e tra questi, sotto la spinta del Giorgini, il desiderio di dare impulso alla ricerca e all'insegnamento nell'ateneo pisano chiamando i giovani professori che si erano distinti per la qualità dei loro studi (Fig. 11). Dopo Matteucci e Mossotti saranno infatti chiamati Piria e Pilla (e sebbene non giovane, fu chiamato in quegli anni anche Cosimo Ridolfi, un altro personaggio insigne). Nel caso di Matteucci un'influenza significativa fu certamente esercitata dal suo entourage internazionale. Proprio com'egli aveva scritto ad Arago, il momento era *très propice* e il Gran-

duca era allora più propenso ad ascoltare le indicazioni di prestigiosi scienziati europei nel prendere le sue decisioni per rilanciare l'ateneo. Tra coloro che scrissero a Leopoldo vi fu von Humboldt (non è impossibile che la cosa fosse stata concordata con Arago dopo la lettera che questi aveva ricevuto da Matteucci).



Figura 11 - Gaetano Giorgini, (1795-1874), il Provveditore dell'Ateneo pisano che con la sua opera diede un grande impulso al progresso degli studi e dell'insegnamento a Pisa e in Toscana.

Già in precedenza, nel gennaio del '38, a un mese circa dalla famosa *séance* dell'*Académie* in cui v'era stato l'incidente con Libri e la difesa di Arago, Humboldt aveva inviato una lettera molto lusinghiera a Matteucci. In una nuova lettera datata 25 gennaio 1841 è lo stesso scienziato tedesco ad ammettere la circostanza della raccomandazione fatta a suo favore presso il granduca. Leopoldo stesso menzionerà poi con soddisfazione l'intervento di Humboldt in una lettera a lui diretta nel 1844<sup>15</sup> (Matteucci era allora in procinto di partire per il viaggio che lo portò in Francia e Inghilterra a dare dimostrazione dei suoi importanti esperimenti elettrofisiologici). Anno glorioso, il 1844, per Matteucci che vedeva la pubblicazione del suo *Traité des phénomènes électro-*

---

<sup>15</sup> Si veda in proposito Bianchi 1874, pp. 73-74.

*physiologiques des animaux* (Matteucci 1844) e il conferimento della Copley Medal da parte della Royal Society di Londra (si veda sotto), e anno certo di soddisfazioni per il granduca che si compiaceva, nella risposta a Humboldt di riconoscere come gli sforzi fatti dalla sua amministrazione per la nuova politica culturale stessero producendo i frutti sperati.

### *Grandi ricerche sotto la Torre*

Matteucci infine a Pisa: uno studioso giovane, pieno di ambizioni e di ansia di fare, finalmente messo nelle condizioni di poter lavorare con tranquillità grazie alla politica illuminata della Toscana granducale (Coppini, 2000; Vergara-Caffarelli, 2000a). Nella città della Torre pendente Matteucci trova una situazione favorevole non solo per quanto riguarda una certa larghezza di mezzi finanziari che rendono possibile l'acquisto di nuovi strumenti, ma anche perché può disporre rapidamente di collaboratori, sia per l'insegnamento (con la nomina di Riccardo Felici a suo assistente), sia tra il personale tecnico. Abbastanza presto può avvalersi dell'opera di Mariano Pierucci, un tecnico meccanico particolarmente abile e qualificato, i cui strumenti conservati soprattutto a Pisa e Firenze attestano le sue straordinarie doti di costruttore (per la sua opera Pierucci ottenne premi in alcune esposizioni nazionali ed internazionali: Vergara-Caffarelli, 2000b). Inoltre proprio poco dopo l'arrivo di Matteucci a Pisa, e anche per far fronte alle aumentate necessità dovute alla presenza di nuovi professori, l'Ateneo Pisano fece costruire, negli orti adiacenti l'antico osservatorio astronomico, un nuovo Istituto di Fisica (Occhialini, 1914; Zampieri, 2008; Fig. 12).<sup>16</sup> Agli strumenti ereditati dall'antica assegnazione dell'Istituto (e ripartiti tra Matteucci e Pacinotti), e a quelli che veniva costruendo Pierucci, si aggiungevano quelli che Matteucci acquistava all'estero, a volte nel corso dei suoi viaggi scientifici, non sempre – almeno all'inizio – rispettando le rigide regole dell'amministrazione universitaria. Con Matteucci e la sua opera infaticabile di scienziato, di docente, di organizzatore della ricerca e di operatore culturale (poco dopo il suo arrivò egli fondò con

---

<sup>16</sup> Il palazzo che è stato a lungo sede dell'Istituto e poi del Dipartimento di Fisica di Pisa è - non a caso - intitolato a Carlo Matteucci. È significativo poi notare come la breve strada che lo collega all'importante via Santa Maria (una delle principali arterie della città e sede dell'antico Istituto di Fisica e dell'Osservatorio astronomico) fu intitolata a Luigi Galvani. Questo avvenne – pensiamo noi – quasi certamente per l'intervento di Matteucci che proprio a Pisa ottenne la prova definitiva della correttezza dell'ipotesi dell' "elettricità animale" formulata dallo scienziato bolognese.



Piria il *Nuovo Cimento*), l'Istituto di Pisa divenne uno dei più importanti centri di ricerca in Italia e assunse una dimensione decisamente europea (Occhialini, 1914).

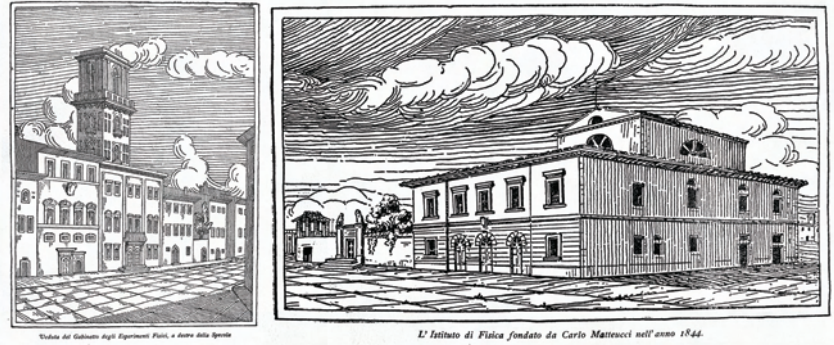


Figura 12 - A sinistra, un'immagine della Via Santa Maria a Pisa in cui si vede – a destra della specola astronomica – l'Istituto di Fisica in cui Matteucci compì i suoi primi esperimenti all'arrivo nella città toscana. A destra, il nuovo Istituto fatto costruire da Matteucci, come appariva nel 1844 (da Occhialini, 1914).

Ma è tempo ora di lasciare questi aspetti di contesto e concentrarci sulle ricerche elettrofisiologiche del periodo pisano che porteranno Matteucci a due grandi scoperte destinate a segnare il cammino dell'elettrofisiologia moderna. La prima è quella che abbiamo menzionato più volte come esperimento della "pila di cosce di rane", di cui – come abbiamo detto – Matteucci dette ripetute dimostrazioni sperimentali nel corso dei suoi viaggi in Europa.

Abbiamo già detto come egli avesse notato, in un lavoro pubblicato nel '38, che la corrente misurata con il galvanometro nei muscoli di vari animali scompariva improvvisamente quando i muscoli entravano in uno stato di contrazione mantenuta ("tetano"), sia spontaneamente che sotto l'azione di eccitanti (Matteucci, 1838a, b) Questa era un'indicazione evidente della natura biologica della corrente, nella misura in cui era inverosimile che nel breve tempo della contrazione si producessero modificazioni chimiche nei tessuti muscolari così significative da giustificare l'insorgere di importanti fenomeni elettrici. Ma il dato era solo indicativo, e per giunta abbastanza difficile da comprendere. Poteva

sembrare strano infatti che una corrente veramente animale diminuisse o scomparisse proprio quando l'azione fisiologica si faceva più intensa, con l'insorgere dello spasmo muscolare.

In una lunga memoria pubblicata in francese a Parigi nel 1840, l'anno del suo arrivo a Pisa, dal titolo *Essai sur les phénomènes électriques des animaux* (e ampiamente ripresa nelle *Bibliothèque Universelle*: Matteucci, 1840 a, b), Matteucci riassume in forma sistematica lo stato delle sue ricerche elettrofisiologiche, sia sulla torpedine che sugli animali comuni. Ribadisce la natura fisiologica della corrente misurata in varie specie e in particolare nella rana, ed esclude – come già aveva fatto nel '38 – la spiegazione termoelettrica e quella elettrochimica. Nota in particolare come la corrente si misuri anche tra due muscoli o tra due parti di un muscolo, e che quindi non può essere dovuta – come Nobili sosteneva – a una differenza di temperatura tra nervo e muscolo. Insiste sulla scomparsa della corrente nello stato tetanico del muscolo come indicazione importante della natura biologica dell'elettricità misurata col galvanometro. Non aggiunge però fatti sostanzialmente nuovi a quelli esposti nelle memorie del '38. L'*Essai* (che ricevette un premio importante da parte dell'*Académie*) ci dà un quadro dello stato delle ricerche di Matteucci prima del suo arrivo a Pisa e quindi ci aiuta a situare meglio le scoperte che egli farà proprio nella nuova e definitiva sede.

I primi due articoli sugli esperimenti elettrofisiologici eseguiti a Pisa dal giovane scienziato forlivese vengono pubblicati nel 1842, come di costume, su più di un giornale. Di entrambi i testi, una prima versione appare sulle *Archives de l'Électricité* pubblicate a Ginevra da De La Rive a supplemento della *Bibliothèque Universelle*; e una seconda versione (che l'autore dichiara più completa, e che ha certamente subito una diversa revisione linguistica) viene pubblicata sulle *Annales de Chimie* (Matteucci, 1842 a-d). A chiusura del secondo articolo vi è in entrambe le riviste l'indicazione "Pisa 1841" (Matteucci, 1842c, d). È quindi chiaro che Matteucci ha saputo rapidamente superare le difficoltà del nuovo inserimento nella città toscana e porsi, già ad un anno dal suo arrivo, nelle condizioni di ottenere risultati sperimentali di grande spessore.

Gli esperimenti descritti nel primo dei due testi (in versione simile nei i due giornali scientifici, salvo con qualche piccola differenza: Matteucci 1842 a, b) sono condotti su una grande varietà di animali (rane, conigli, piccioni e altri uccelli) e con grande variazione delle disposizioni sperimentali. Il galvanometro utilizzato è lo stesso di quello delle memorie del '38 (di Gurjon a 2500 spire) ed è quindi probabile che in

questa prima fase delle sue ricerche pisane Matteucci si sia servito degli strumenti che aveva a disposizione a Ravenna. Il principale obiettivo è di accertare la natura genuinamente biologica dell'elettricità rivelata dal galvanometro, e in questo Matteucci riesce pienamente.

Il problema era importante perché esisteva la possibilità che si verificassero effetti elettrochimici soprattutto – ma non solo – al contatto dei tessuti animali con gli elettrodi metallici del galvanometro. Era quindi tutt'altro che garantita la natura biologica dell'elettricità misurata dallo strumento nelle preparazioni animali. Oltre ai potenziali elettrochimici generati al contatto con i metalli, erano anche in agguato quelli che potevano prodursi dal contatto tra parti diverse dell'animale dovuti alla loro diversa composizione chimica (erano queste le obiezioni di Pouillet e Donné). V'era inoltre la possibilità di artefatti meccanici, del tipo – tanto per intenderci – di quelli che erano alla base della presunte elettricità “elettrovitale” di Puccinotti e Pacinotti.

In questo terreno sperimentale insidioso e ricco di tranelli, la disposizione che risulta per Matteucci vincente è quella “a pila” delle preparazioni animali (di rana all'inizio, e poi di altre specie), una preparazione – com'egli riconosce – già usata da Nobili nei suoi esperimenti. Al principio, proprio seguendo le modalità sperimentali di Nobili, la preparazione di rana (costituita essenzialmente dalla zampa e dalla colonna vertebrale con il midollo e i nervi) è immersa in due bicchieri riempiti di soluzione salina: in un bicchiere l'estremità della zampa (più ricca di tessuti muscolari) e nell'altro quella della colonna vertebrale (con prevalenza di tessuti nervosi). In questa preparazione Nobili aveva misurato una corrente ben evidente col suo galvanometro astatico, ma – come abbiamo detto – l'aveva attribuita a un effetto termoelettrico, dovuto alla differenza di temperatura tra nervo e muscolo.

Matteucci, che aveva già escluso la spiegazione fisica proposta da Nobili, mette in una disposizione “a pila” – in serie – un certo numero di queste preparazioni. Forma così quella che egli indica – seguendo la terminologia di Volta – come “pila a corona”. Si serve poi però più comunemente di una disposizione in cui le preparazioni di rana sono collocate su un piano isolante e connesse in modo appropriato attraverso connettori umidi (con il lato muscolare di una in contatto con il lato nervoso dell'altra). Quello che accade con entrambe le disposizioni di questa “*pile de grenouilles*” è che la corrente aumenta a misura che il numero delle rane “*en pile*” viene aumentato.

Ecco come Matteucci riassume i risultati ottenuti con questo secondo metodo:

Lorsqu'on dispose sur un plan isolant plusieurs grenouilles arrangées de manière à former une pile, on voit augmenter les signes du courant au galvanomètre. Sans rapporter ici tous les résultats qui démontrent d'une manière incontestable cette augmentation du courant de la grenouille par la disposition en pile, je me bornerai à en citer un. Une grenouille touchée avec les lames du galvanomètre sur les nerfs spinaux et sur les muscles de la jambe, m'a donné 6°, deux grenouilles 8°, trois 13°, quatre 18°, cinq 20°, six 24°. (Matteucci, 1842 a, pp. 439-440)

Aumentando il numero delle rane nella pila aumenta dunque la corrente misurata. Non aumenta in queste condizioni il numero di contatti metallo-liquido (quelli che si stabiliscono tra gli elettrodi del galvanometro e i tessuti umidi animali), che rimangono due soli, indipendentemente dal numero di preparazioni in pila. L'esperimento esclude dunque che la corrente misurata sia dovuta a un potenziale di contatto metallo-liquido e ne avvalorata la natura biologica (o – come Matteucci sosteneva – la dipendenza dalla “organizzazione” animale).

A dispetto di queste argomentazioni, potrebbe però rimanere il dubbio che la corrente provenga da effetti termoelettrici (alla Nobili), e soprattutto che possa essere dovuta alla eterogeneità tra tessuti nervosi e tessuti muscolari. Nell'intento di verificare questo punto Matteucci mostra, prima nella preparazione singola e poi nella pila di rane, che la corrente si produce anche rimuovendo completamente i tessuti nervosi (midollo spinale, nervi della zampa) e lasciando solo la parte muscolare della zampa. In molti casi la pila formata da soli tessuti muscolari è addirittura più efficace di quella formata dalle preparazioni classiche.

Matteucci conclude quindi, sempre utilizzando una terminologia voltiana, che l'“elettromotore” responsabile della corrente misurata è situato nel muscolo. Nel corso di questi e altri esperimenti (eseguiti anche su animali a sangue caldo) si rende progressivamente conto di una condizione fondamentale perché la corrente si produca nelle preparazioni costituite da solo muscolo. È necessario in queste circostanze che uno dei due elettrodi del galvanometro sia sulla superficie integra del muscolo (o sul tendine) e l'altro infisso all'interno della massa muscolare o posto a contatto della parte lesa del muscolo, la superficie lesa essendo costantemente a un potenziale negativo rispetto alla superficie intatta nel muscolo a riposo.

Sulla base di questa constatazione (che verrà poi più esplicitamente espressa nel *Traité* pubblicato nel '44) egli arriva a condurre un esperi-

mento famoso, la cui immagine dominerà a lungo la fisiologia tra Ottocento e Novecento, quello della pila di mezze-cosce (*demi-cuisses*) di rana, che in qualche modo contiene anche visivamente la prova della natura biologica dell'elettricità misurata col galvanometro. Il capitolo 5 del *Traité* che tratta di questo esperimento, esce – insieme al capitolo 6 – in anteprima (ancora una volta sulle *Archives de l'électricité* e sulle *Annales de Chimie*) (Matteucci, 1843 a, b, e 1844), accompagnato dalla figura che lo illustra e che poi verrà ripresa e variata nell'edizione definitiva del *Traité* (Fig. 13). Con la circolazione della notizia di questo esperimento, e con le dimostrazioni che egli ne darà nel '44 (riprese da un moltitudine di riviste scientifiche e di cultura generale anche oltre i confini d'Europa), Matteucci diventa uno degli scienziati più famosi della sua epoca.

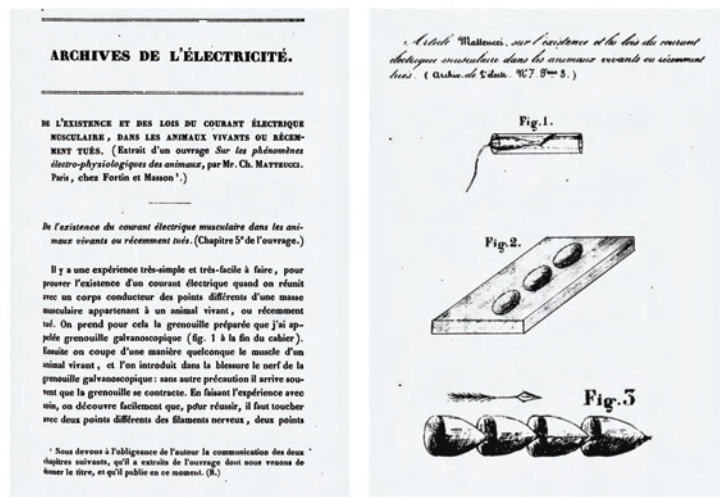


Figura 13 - La pagina iniziale e la tavola delle *Archives de l'électricité* del 1843, in cui compare l'anteprima dei capitoli 5 e 6 del *Traité* di Matteucci con l'immagine dell'esperimento della "pila di cosce di rana".

Gli si riconosce il merito di essere stato il primo a fornire una prova strumentale certa dell'esistenza all'interno dei tessuti animali di una corrente di natura genuinamente biologica, una conquista fondamentale della storia della fisiologia, che conclude in modo inequivocabile un periodo di controversie e dispute accese, e rilancia con forza la ricerca sul

ruolo dell'elettricità nei tessuti eccitabili dell'organismo. Non a caso sarà proprio la lettura del *Traité* a stimolare in Germania le ricerche di Emil du Bois-Reymond, e lo straordinario sviluppo dell'elettrofisiologia che si concluderà idealmente tra il 1902 e il 1912 con la "teoria della membrana" di Julius Bernstein, la prima formulazione moderna dei meccanismi alla base dei potenziali elettrici nelle fibre eccitabili degli organismi animali (Piccolino & Bresadola, 2003; Finger & Piccolino, 2011).

La teoria della membrana stabilisce che i potenziali elettrici si generano per un processo elettrochimico dovuto alla diversa concentrazione ionica tra interno ed esterno della membrana, con l'interno negativo nelle condizioni di riposo rispetto all'esterno. Riandando indietro da Bernstein a Matteucci possiamo capire perché negli esperimenti dello scienziato forlivese la superficie lesa del muscolo appariva costantemente a un potenziale negativo rispetto alla superficie intatta. Questo avviene perché la lesione espone, verso l'elettrodo di registrazione, l'interno delle fibre muscolari e quindi il compartimento a potenziale negativo.

Un altro risultato fondamentale conseguito da Matteucci (che costituirà un paradigma di riferimento fino a Bernstein) è la scoperta che la corrente misurata tra superficie lesa e intatta scompare quando il muscolo entra in uno stato di prolungata contrazione (o tetano). Nella teoria della membrana di Bernstein l'eccitazione della fibra è vista come conseguenza di una modificazione radicale delle caratteristiche della membrana cellulare, tale da riprodurre lo stato di lesione e permettere il passaggio indiscriminato di tutte le specie ioniche (e dunque la scomparsa della differenza di potenziale tra interno ed esterno).

Nel '44 Matteucci è all'acme della sua celebrità come scienziato. Rientrando a Pisa dal viaggio in Europa riceve dalla Royal Society di Londra una lettera che sancisce oltre ogni speranza la sua gloria scientifica: gli è stata la Copley Medal, un riconoscimento prestigioso, una specie di premio Nobel *ante litteram* (Fig. 14). Si tratta come gli scrive John Frederic Daniell (*Foreign secretary* della prestigiosa istituzione inglese), «*of the most ancient medal of the Society, and regarded as its most honourable distinction*» (Daniell, 1844). Prima di Matteucci questa medaglia era stata assegnata solo a due connazionali, ad Alessandro Volta e all'astronomo piemontese Giovanni Plana (e dopo di lui non l'ha più ottenuta – fino al 2011 – nessun italiano). In ambito europeo, nel decennio precedente a Matteucci, il premio era stato attribuito a personaggi del calibro di Carl Friedrich Gauss e Michael Faraday.

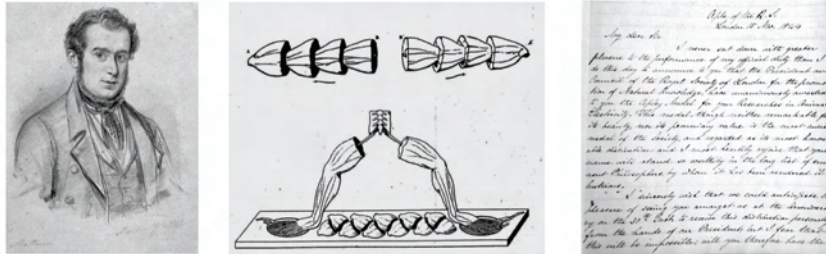


Figura 14 - Carlo Matteucci in un disegno eseguito nel 1844, l'anno della sua apoteosi scientifica, con – al centro – due immagini dal *Traité* dell'esperimento della "pila di cosce di rana", e – a destra – la prima pagina della lettera della Royal Society in cui gli veniva annunciato il conferimento della Copley Medal.

Daniell, che era personalmente interessato all'elettricità (è l'inventore della famosa pila che porta il suo nome), apre la sua lettera con parole davvero lusinghiere per Matteucci. Egli scrive infatti:

My Dear Sir,

I never sat down with greater pleasure to the performance of my official duty, than I do this day to announce to you that the President and Council of the Royal Society of London for the promotion of Natural knowledge, have unanimously awarded to you the Copley Medal for your Research in Animal Electricity.

È verosimile che queste non siano solo parole di circostanza. La ragione del particolare piacere nell'annunciare il riconoscimento allo scienziato italiano è probabilmente dovuta al fatto che Daniell era stato tra i membri della Royal Society che avevano avuto l'opportunità di assistere alle dimostrazioni sperimentali di Matteucci (con tutta probabilità quelle sul preparato a pila di rane). Nell'ultima parte della lettera egli dice infatti:

I truly rejoice that I was one of those who had the high gratification of seeing the unambiguous experiments by which you have established one of the most important discoveries of the age.

Una delle più grandi scoperte dell'epoca! davvero una grande soddisfazione per Matteucci che – dopo anni di difficoltà e insuccessi – si era visto proiettato – prima con l'esperimento della scintilla della torpedine

e poi con quello della *pile de grenouilles* – sulla ribalta più luminosa della scienza internazionale. E, oltre al successo pubblico e scintillante, poteva godere di un successo intimo, forse ancor più gratificante: quello di aver vinto una specie di sfida contro chi aveva dubitato della validità dei suoi esperimenti e delle sue conclusioni. Come aveva asserito nell'articolo del '38 sull'elettricità animale, in modo analogo a quello che avveniva nella torpedine, vi era infatti un'elettricità animale anche negli animali comuni, ma in essi – a differenza che nei pesci elettrici – questa elettricità era “nascosta dall'organizzazione”.

Non era comunque tutto. Nel *Traité* apparso nel 1844, ma consegnato alle stampe nel 1843, v'era un'altra immagine altrettanto significativa di quella della *pile de grenouilles*, quella del fenomeno indicato subito dagli inglesi come *induced contraction* (e “scossa indotta” da noi) che marcava la terza grande scoperta elettrofisiologica di Matteucci, una scoperta forse ancora più importante delle altre, ma che sfortunatamente lo scienziato forlivese non riuscì a sviluppare pienamente. Si tratta di un'altra pietra miliare della storia dell'elettrofisiologia, un risultato che – come afferma Moruzzi – poneva nelle mani dello scienziato forlivese «le chiavi dell'elettrofisiologia moderna».

Il risultato era stato in effetti ottenuto nel 1841 e il suo primo annuncio era stato dato nel secondo dei due articoli elettrofisiologici pubblicati da Matteucci nel '42, (come al solito in combinazione nelle *Archives de l'Électricité* e nelle *Annales de Chimie* – con l'indicazione “Pisa 1841”: Matteucci, 1842c, d). Volendo approfondire lo studio di un fenomeno importante, ma di cui non riesce a comprendere fino in fondo meccanismo e implicazioni, egli rimanda la pubblicazione, ma invia nel frattempo un plico sigillato con l'annuncio del risultato ottenuto alla prestigiosa *Académie des Sciences* di Parigi. Si tratta della procedura del *paquet cachété*, prevista dall'*Académie* per garantire la priorità di una scoperta a uno scienziato che voglia ancora verificare e sviluppare le sue ricerche in attesa dell'annuncio pubblico. Il plico venne aperto e comunicato agli *académiciens* nel corso della seduta del 28 febbraio 1842, alla quale partecipò lo stesso Matteucci (pronto ad approfittare di ogni occasione per recarsi nell'amata città francese). È l'amico Jean-Baptiste Dumas a dare l'annuncio della scoperta con parole che, come quelle della successiva lettera di Daniel, danno davvero la misura del fatto che i risultati di Matteucci venivano percepiti come conquiste epocali nella storia della scienza:

M. Dumas demande à l'Académie la permission de l'entretenir



Carlo Matteucci (1811-1868)

d'expériences tellement remarquables, qu'elles lui semblent lui ouvrir une ère nouvelle aux recherches de la physiologie la plus délicate. (Matteucci, 1842e)

In che cosa consisteva questa scoperta e perché era così importante? Ci serviamo della figura pubblicata nel *Traité* per descriverla (Fig. 15).

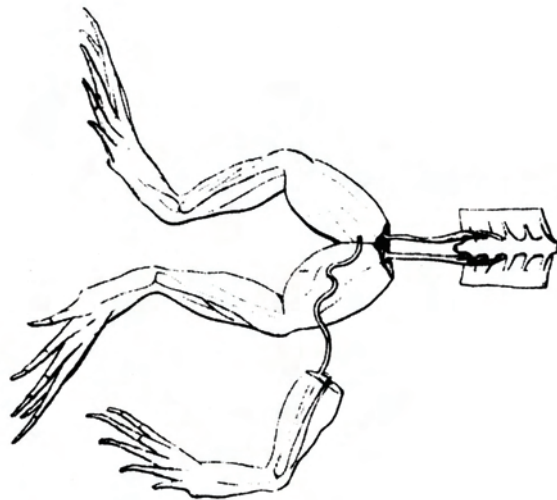


Figura 15 - L'esperimento della "scossa indotta" (da Matteucci, 1844).

Si preparava una rana al modo di Galvani (cioè con la colonna vertebrale unita alle zampe) e si adagiava sulla coscia di questa prima rana il nervo di una seconda preparazione, costituita dalla sola zampa con la sua innervazione (la cosiddetta "zampa galvanoscopica"). Inducendo la contrazione della prima zampa in vari modi (stimoli elettrici, meccanici o chimici), si osservava spesso la contrazione anche della seconda preparazione (Matteucci, 1842c, d). L'esperimento poteva essere disposto anch'esso a pila (un assetto sperimentale ricorrente nelle ricerche elettrofisiologiche di Matteucci). Si poteva ottenere così la contrazione di tutte le zampe in serie quando si eccitava la prima preparazione (Matteucci, 1844). Questo voleva dire che l'eccitazione comunque prodotta della contrazione muscolare in una zampa è in grado di eccitare il nervo di un'altra zampa e determinare quindi la contrazione anche in questa seconda (e poi a seguire se vi è una terza e quarta preparazione).

Controlli sperimentali eseguiti da Matteucci (che durante il breve pe-

riodo a Parigi approfitta anche della collaborazione di Becquerel) permettono di escludere che l'effetto possa essere dovuto a un artefatto meccanico e suggeriscono invece che sia la modificazione elettrica nella zampa in contrazione ad agire da stimolo per la zampa successiva. In altre parole, un'onda elettrica che invade il muscolo e ne determina la contrazione, è in grado, non solo di eccitare il muscolo, ma anche il nervo posto a contatto, che ecciterà poi a sua volta il muscolo innervato.

L'esperimento della "scossa indotta" apriva le porte alla fase più moderna della ricerca elettrofisiologica nella misura in cui permetteva di intravedere il modo in cui il segnale responsabile dei meccanismi eccitatori si propaga nel nervo e nel muscolo: un segnale elettrico che, nel suo avanzare lungo la fibra eccitabile, determina un'eccitazione del tratto a valle della fibra, e questa eccitazione si propaga a sua volta ulteriormente, agendo da stimolo sul tratto successivo. Si tratta – come noi sappiamo ora, a partire dalle ricerche condotte nel Novecento dai fisiologi inglesi Alan Hodgkin e Andrew Huxley – di un fenomeno notevolmente complesso, e molto diverso dalla semplice conduzione di una corrente elettrica lungo un cavo fisico. Come Hodgkin ha ben messo in evidenza nel caso delle fibre nervose, le ragioni di questa complessità sono da ricercare nelle enormi difficoltà fisiche che si oppongono al flusso di correnti elettriche lungo fibre estremamente sottili e costituite al loro interno di un materiale fluido a resistenza elettrica molto più elevata di quella dei comuni metalli. Per una fibra nervosa particolarmente lunga e sottile il fisiologo inglese ha calcolato che la resistenza può essere comparabile a quella di un grosso cavo di rame lungo dieci volte la distanza tra la Terra e Saturno, una resistenza che precluderebbe ogni tentativo di far arrivare un segnale elettrico da un estremo all'altro del cavo. (Hodgkin, 1964)

Per superare queste difficoltà apparentemente insormontabili, nella fibra nervosa (e in modo analogo in quella muscolare) il segnale elettrico nervoso, destinato – per ragioni fisiche – ad attenuarsi a breve distanza dal punto di insorgenza, viene progressivamente rigenerato nel corso della sua propagazione. È qualcosa di analogo a quello che metterebbe in opera un ingegnere incaricato di progettare un sistema di telegrafia con fili che dovesse portare il segnale a – diciamo – 10.000 chilometri di distanza, disponendo di cavi in grado di assicurare una trasmissione efficace solo fino a 1000 chilometri. Il nostro ingegnere installerebbe, a distanza di 1000 chilometri l'una dall'altra, una serie di stazioni di ricezione e trasmissione, ognuna delle quali in grado di rilanciare alla stazione successiva un segnale di grande ampiezza (a spese

dell'energia locale della stazione), ogni qualvolta un segnale appena rilevabile arriva dalla stazione precedente (Piccolino & Bresadola, 2003).

Matteucci aveva in mano due dati che davvero ponevano nelle sue mani «le chiavi dell'elettrofisiologia moderna», perché i suoi risultati gli fornivano indicazioni importanti su due aspetti fondamentali che sono alla base della propagazione dell'onda elettrica nel nervo e nel muscolo. Con l'esperimento della scossa indotta egli aveva mostrato come un'onda elettrica viaggiante nel muscolo poteva agire da stimolo sul nervo (e implicitamente anche sul muscolo stesso). Aveva poi un'indicazione sulle caratteristiche di quest'onda con le modificazioni elettriche che egli aveva osservato durante la contrazione muscolare tetanica. Bastava mettere insieme le due cose per arrivare alla conclusione che il segnale elettrico si propaga lungo le fibre eccitabili perché produce una modificazione elettrica in grado di agire da stimolo sulla parte non ancora eccitata della fibra, a valle rispetto a quella eccitata.

Matteucci non fu in grado di cogliere questa occasione storica che gli si offriva. Molti sono i motivi che possono essere invocati per rendere ragione di questo suo apparente fallimento (alcuni errori sperimentali ed interpretativi nelle sue ricerche, impegni organizzativi e politici che si avviavano a divenire dominanti, a dispetto del fatto che egli continuò fino all'ultimo le sue ricerche elettrofisiologiche). Influi indubbiamente in modo negativo – come mette ben in evidenza Moruzzi – anche la polemica che si sviluppò tra Matteucci e du Bois-Reymond, lo scienziato tedesco che fu tra i primi in Germania a lavorare sul solco delle sue ricerche (Moruzzi, 1964).

Certo è che nel 1844, con la fama che raggiungeva l'apice, si chiudeva per Matteucci il periodo delle grandi scoperte elettrofisiologiche, iniziato a Ravenna nel '36 con gli esperimenti sulla torpedine, e che aveva visto i suoi momenti culminanti nei primi quattro anni pisani. Le scoperte più importanti in ambito elettrofisiologico egli le aveva compiute tra i 25 e i 33 anni, come sottolinea Moruzzi nell'"elogio della giovinezza" che conclude l'articolo da lui dedicato allo scienziato forlivese. Parole che hanno un senso particolare nella penna di Giuseppe Moruzzi, il grande elettrofisiologo del Novecento che, a distanza di poco più di cent'anni, si ritrovò in condizioni in qualche modo analoghe a quelle del giovane Matteucci nel tentativo, ampiamente coronato dal successo, di creare a Pisa un grande istituto di ricerca nel campo delle

neuroscienze.<sup>17</sup> A conferma della precocità del giovane forlivese, Moruzzi cita le parole “profetiche” di una lettera a lui indirizzata da Faraday nel 1833, quando Matteucci aveva solo 22 anni:

Being convinced you cannot refrain from pursuing science by experiment, I need not express a hope that you will do so successfully. No man of judgment can work without succeeding, and you are not likely to leave a course which has already made your name known through the European Continent.

Se la stagione delle grandi scoperte elettrofisiologiche – quelle che lasciano un segno indelebile nella storia della scienza – si era precocemente esaurita per Matteucci negli anni della giovinezza, la sua passione per la ricerca, in questo ed altri ambiti, non venne mai meno, a dispetto della molteplicità degli impegni politici ed istituzionali che segnaronò la sua vita negli anni della maturità. Continuò a pubblicare articoli sperimentali, trattati, opuscoli scientifici fino alla fine della sua vita. In particolare, a partire dal 1860, egli sviluppò un modello fisico della conduzione elettrica passiva nella fibra nervosa che avrà una importanza fondamentale nello sviluppo dell’elettrofisiologia moderna, soprattutto attraverso gli studi del fisiologo tedesco Ludimar Hermann (che esplicitamente riprende le ricerche di Matteucci: Moruzzi, 1969). Gli articoli conclusivi su questo tema vengono pubblicati da Matteucci nel 1868, l’anno della sua morte (Matteucci, 1868a, b).

In quell’anno, dopo essere stato nominato direttore del Museo di Firenze, gravemente malato Matteucci si ritira – su consiglio di medici ed amici – per un periodo di riposo all’Ardenza vicino Livorno, con il mare e i monti che avrebbero dovuto aiutarlo a superare la malattia e a riprendere le forze provate dagli incessanti impegni a cui non riesce a sottrarsi. Sembrando all’inizio che tutto proceda secondo le più ottimistiche aspettative, rinfrancato, il “vecchio” Matteucci (ma non ha anco-

---

<sup>17</sup> Nel 1949 Moruzzi rientrava nell’Italia che iniziava la sua ricostruzione post-bellica, dopo aver compiuto, insieme al fisiologo americano, Horace Magoun, una grande scoperta nell’ambito dei sistemi di regolazione cerebrale del ritmo sonno-veglia, l’individuazione del “sistema reticolare ascendente” la cui stimolazione induceva uno stato di attivazione funzionale della corteccia cerebrale. Ecco come Moruzzi descrive in un’intervista rilasciata nel 1982 la sua situazione di quegli anni: “I fondi per la ricerca furono generosamente forniti dalla Fondazione Rockefeller e così ebbi tutto il materiale necessario per formare una unità di ricerca. L’Istituto era stato creato prima della prima guerra mondiale ed era molto grande. Ma allora, nel 1949, era vuoto perché molto era stato asportato durante la seconda guerra mondiale. Avevo l’edificio, avevo i miei strumenti americani, e avevo un giovane uomo (me stesso) pienamente preparato.” (Marshall, 1988, traduzione italiana in Meulders, Piccolino & Wade, 2010, p. 118).

ra compiuto 57 anni) decide di tornare agli “amori” della sua giovinezza, alla torpedine che aveva aperto trent’anni prima la stagione dei suoi grandi successi nell’ambito dell’elettrofisiologia.

Come ci racconta il biografo, Nicomede Bianchi, egli fa attrezzare nella casa che lo ospitava un piccolo laboratorio e ordina il “magico pesce” ai pescatori della Spezia. «Ma quando la torpedine giunse – continua Bianchi – il libro su cui il Matteucci registrava le sue esperienze stava bensì sul tavolo, sul quale egli avevalo aperto pochi di prima; ma la mano che doveva scrivervi sopra, si era fatta inerte per sempre!» (Bianchi, 1874, p. 543)

Finiva così il 24 giugno 1868, la vita intensa di un uomo appassionato e generoso, fervido di impegni ed iniziative, una vita che ebbe sempre nella scienza un punto sicuro di riferimento, un filo rosso che ne costituisce, a distanza di due secoli, la traccia più duratura.

#### RINGRAZIAMENTI

L'autore esprime la sua riconoscenza a quanti tra colleghi e amici hanno letto e corretto il manoscritto di questo saggio a vari livelli della sua elaborazione. Tra questi in particolare Francesco Barbieri, Cesira Batini, Marco Bresadola, Giovanni Niccoli e Fabio Toscano.

#### BIBLIOGRAFIA

- AMADUCCI, P. (1930), *Carlo Matteucci a Ravenna*, «Il Comune di Ravenna; Bollettino Municipale di cronaca amministrativa e di statistica», 4, pp. 31-34.
- BECQUEREL, A.C. (1836), *Traité expérimental de l'Électricité et du Magnétisme et de leurs rapports*, Tome IV, Paris, Firmin Didot.
- BIANCHI, N. (1874), *Carlo Matteucci e L'Italia del suo tempo*, Roma, Fratelli Bocca.
- BRESADOLA, M. (2011), *Carlo Matteucci and the legacy of Luigi Galvani*, (in corso di stampa).
- CAPPONI, G. (1877), *Scritti editi e inediti*, vol. I (a cura di Marco Tabarrini), Firenze, Barbera.
- COPPINI, P.R. (2000) *Dall'amministrazione francese all'Unità (1808-1861)* in *Storia dell'Università di Pisa*, vol. 2 (1737-1861), pp 135-267, Pisa, PLUS.
- DANIELL J. F. (1867) *Letter to M. Carlo Matteucci*, London 15th November 1844, «Registers of the Royal Society of London».
- DAVY, J. (1832), *An Account of Some Experiments and Observations on the*

M. Piccolino

- Torpedo* (Raia *Torpedo*, Linn.), «Philosophical Transactions of the Royal Society of London», 122, pp. 259-278.
- DAVY, J. (1834), *Observations on the Torpedo, with an account of some additional experiments on its electricity*, «Philosophical Transactions of the Royal Society of London», 124, pp. 531-550.
- DONNÉ, A. (1834), *Recherches sur quelques unes des propriétés chimiques des sécrétions, et sur les courans électriques qui existent dans les corps organisés*, «Annales de Chimie et de Physique», 57, pp. 398-416.
- FINGER, S., & PICCOLINO, M. (2011), *The shocking history of electric fishes: From ancient epochs to the birth of modern electrophysiology*, Oxford-New York, Oxford University Press.
- HAMY, E.-T. (1907), *Correspondance d'Alexandre de Humboldt avec François Arago : (1809-1853) publiée avec une préface et des notes / par le Dr E.-T. Hamy*, Paris, Guilmoto.
- HODGKIN, A.L. (1964), *The conduction of the nervous impulse*. Springfield, Ill (U.S.A.), C.C. Thomas.
- LITERARY GAZETTE (1844), *The British Association (York)*, 1446, p. 777.
- LINARI, S. (1839), *Scintilla ed altri fenomeni d'elettriche correnti, ottenuti per azione induttiva dell'elettriche scariche del pesce Torpedine (raja torpedo) dal Padre Santi Linari delle Scuole Pie...*, «Giornale Scientifico e Letterario pubblicato in Perugia», Fascicolo di Gennajo, Febbrajo, Marzo, pp. 35-46
- MARSHALL, L.M. (1988), *An annotated interview with Giuseppe Moruzzi, 1910-1986*, «Experimental Neurology», 97, pp. 225-42.
- MATTEUCCI, C. (1829), *Examen chimique d'un cerveau ossifié*, «Annales de chimie et de physique», 42, pp. 333-335.
- MATTEUCCI, C. (1830a), *Action de la pile sur les substances animales vivantes*, «Annales de chimie et de physique», 43, pp. 256-258.
- MATTEUCCI, C. (1830b), *Sulla contrazione provata dagli animali all'aprirsi del circolo elettrico in che trovansi*, Forlì, Matteo Casali.
- MATTEUCCI, C. (1832), *Sulle secrezioni animali*, «Annali delle Scienze del Regno Lombardo-Veneto», 2, pp. 326-328.
- MATTEUCCI, C. (1833), *Sulla digestione*, «Annali delle Scienze del Regno Lombardo-Veneto», 3, pp. 220-222.
- MATTEUCCI, C. (1834a), *Analisi d'una nuova specie di calcolo intestinale*, «Annali delle Scienze del Regno Lombardo-Veneto», 4, pp. 117-119.

- MATTEUCCI, C. (1834b), *Mémoire sur l'électricité animale*, «Annales de Chimie et de Physique», 56, pp. 439-443.
- MATTEUCCI, C. (1834c), *Mémoire sur l'électricité animale*, «Bibliothèque Universelle des Sciences, Belles-Lettres et Arts», 57, 174-179.
- MATTEUCCI, C. (1835), *Sopra gli elementi del progresso della scienza dell'organismo: discorso*, II edizione Firenze, coi tipi della Galileiana.
- MATTEUCCI, C. (1836a), *Poissons électriques: Extrait d'une lettre de M. Matteucci à M. Arago, contenant les résultats des expériences faites par ce physicien et par M. Linari, professeur à Siène*, «Comptes Rendus Hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences», 13, pp. 46-49.
- MATTEUCCI, C. (1836b), *Électricité animale. Expériences de M. Matteucci sur la Torpille*, «Comptes Rendus Hebdomadaires de l'Académie des Sciences», 13, pp. 430-431.
- MATTEUCCI, C. (1837a), *Recherches physiques, chimiques et physiologiques sur la Torpille*, «Annales de Chimie et de Physique», 66, pp. 396-437.
- MATTEUCCI, C. (1837b), *Rapport sur un mémoire de M. Ch. Matteucci, ayant pour titre Recherches physiques, chimiques et physiologiques sur la Torpille; et sur diverses notes relatives aux contractions de la grenouille. (Commissaires: MM. Breschet, Pouillet; Becquerel rapporteur)*, «Comptes Rendus Hebdomadaires de l'Académie des Sciences», 11, pp. 788-792.
- MATTEUCCI, C. (1838a), *Sur le courant électrique ou propre de la grenouille*, «Bibliothèque Universelle des Sciences, Belles-Lettres et Arts», 15, pp. 157-168.
- MATTEUCCI, C. (1838b), *Sur le courant électrique ou propre de la grenouille...*, «Annales de Chimie et de Physique», 68, pp. 93-106.
- MATTEUCCI, C. (1839a), *Lettre de Matteucci à Arago, Ravènne, État Romain, 1<sup>er</sup> Aout 1838*, Archives Académie des Sciences, Paris, Dossier Matteucci.
- MATTEUCCI, C. (1839b), *Sopra gli elementi del progresso della scienza dell'organismo: discorso*, II edizione, Forli, Matteo Casali.
- MATTEUCCI, C. (1840a), *Essai sur les phénomènes électriques des animaux*, Paris, Carilian-Goeury et Vr. Dalmont.
- MATTEUCCI, C. (1840b), *Essai sur les phénomènes électriques des animaux par M. Ch. Matteucci. 30*, «Bibliothèque Universelle des Sciences, Belles-Lettres et Arts», pp. 368-385.
- MATTEUCCI, C. (1842a), *Deuxième Mémoire sur le courant électrique propre de la grenouille et sur celui des animaux à sang chaud*, «Archives de l'électricité», 2, 419-452.

M. Piccolino

- MATTEUCCI, C. (1842b), *Deuxième Mémoire sur le courant électrique propre de la grenouille et sur celui des animaux à sang chaud*, «Annales de Chimie et de Physique», Ser. III, pp. 301-343.
- MATTEUCCI, C. (1842c), *Sur un phénomène physiologique produit par les muscles en contraction*, «Archives de l'électricité», 2, pp. 628-632.
- MATTEUCCI, C. (1842d), *Sur un phénomène physiologique produit par les muscles en contraction*, «Annales de chimie et de physique», Série III, 6, pp. 339-343.
- MATTEUCCI, C. (1842e), *Expériences rapportées dans un paquet cacheté déposé par M. Dumas, au nom de M. Matteucci, et dont l'auteur, présent à la séance, désire aujourd'hui l'ouverture*, «Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences», 15, pp. 797-798.
- MATTEUCCI, C. (1843a), *De l'existence et des lois du courant électrique musculaire, dans les animaux vivants ou récemment tués. (Extrait d'un ouvrage sur les phénomènes électro-physiologiques des animaux, par Mr. Ch. Matteucci. Paris, chez Fortin et Masson*, «Archives de l'électricité», 3, pp. 5-28.
- MATTEUCCI, C. (1843b), *Mémoire sur l'existence du courant électrique musculaire dans les animaux vivants ou récemment tués. (Extrait d'un ouvrage sur les phénomènes électro-physiologiques des animaux)*, 7, pp. 425-462.
- MATTEUCCI, C. (1844), *Traité des Phénomènes Électro-Physiologiques des Animaux Suivi d'Études Anatomiques sur le Système Nerveux et sur l'Organe Électrique de la Torpille par Paul Savi*, Paris, Fortin, Masson et C.ie.
- MATTEUCCI, C. (1847), *Prolusione seguita da Supplemento sui Casi di Fivizzano*, Pisa, Nistri.
- MATTEUCCI, C. (1860), *Lettre de Matteucci à Dumas, Turin, 16, Mars, 1860*, Archives de l'Académie des Sciences, Paris, Dossier Matteucci.
- MATTEUCCI, C. (1861), *Corso di elettro-fisiologia*, Torino, Castellazzo e Vercellino.
- MATTEUCCI, C. (1867), *La pila di Volta*, Firenze, Civelli.
- MATTEUCCI, C. (1868a), *Recherches physico-chimiques appliquées à l'électrophysiologie*, «Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences», 65, pp. 194-200.
- MATTEUCCI, C. (1868b), *Sulla teoria fisica dell' elettrotono nei nervi*, «Memorie di Matematica e Fisica della Società Italiana di Scienze», Serie III, tomo I, parte. II, pp. 93-98),



- MAZZOLINI, R.G. (1985), *Il contributo di Leopoldo Nobili all'elettrofisiologia*, in: *Leopoldo Nobili e la cultura scientifica del suo tempo*, a cura di G. Tarozzi, Bologna: Istituto per i Beni Artistici, Culturali, Naturali della Regione Emilia-Romagna, pp. 183-199.
- MEULDERS, M., PICCOLINO, M., & WADE, N.J. (2010), *Giuseppe Moruzzi: Ritratti di uno scienziato - Portraits of a scientist*, Pisa, ETS.
- MORUZZI, G. (1964), *L'opera elettrofisiologica di Carlo Matteucci*, «Physis», 6, pp. 101-140.
- MORUZZI, G. (1969), *Il contributo di Carlo Matteucci alla creazione del modello fisico del nervo*, «Physis», 11, 408-417.
- NOBILI, L. (1834), *Expériences sur l'électricité animale*, «Bibliothèque Universelle des Sciences, Belles-Lettres et Arts», 56, pp. 427-431.
- NOBILI, L. & ANTINORI, V. (1831), *Sopra la forza elettromotrice del magnetismo*, «Antologia; Giornale di Scienze, Lettere e Arti», 44, pp. 149-161.
- OCCHIALINI, A. (1914), *Notizie sull'Istituto di fisica sperimentale dello Studio Pisano*, Pisa, Mariotti.
- PICCOLINO, M. (2003), *The taming of the ray: Electric fish research in the Enlightenment from John Walsh to Alessandro Volta*, Firenze, Olschki.
- PICCOLINO, M., & BRESADOLA, M. (2003), *Rane, torpedini e scintille: Galvani, Volta e l'elettricità animale*, Torino, Bollati Boringhieri.
- POUILLET, C. (1825), *Note sur les phénomènes électro-magnétiques qui se manifestent dans l'acupuncture*, «Journal de Physiologie Expérimentale et Pathologique», 5, pp. 5-16
- PHILIP, A.P.W. (1817), *An experimental enquiry into the laws of the vital functions*, London, Underwood.
- PACINOTTI, A. (1864), *Descrizione di una macchinetta elettro-magnetica del dott. Antonio Pacinotti*, estratto dal «Nuovo Cimento», 1864, 19, pp. 378-384 (il fascicolo di giugno 1864 della rivista contenente questa scoperta epocale fu in effetti pubblicato il 3 maggio 1865),
- PUCCINOTTI, F., & PACINOTTI, L. (1839), *Esperienze sulla esistenza e le leggi delle correnti elettro-fisiologiche negli animali a sangue caldo...*, Pisa, Nicotri.
- TOSCANO, F. (2011), *Per la scienza, per la patria: Carlo Matteucci, fisico e politico nel Risorgimento italiano*, Milano, Sironi.
- VERGARA-CAFFARELLI R. (2000a), *Le Scienze: Fisica, Chimica, Matematica*, in: *Storia dell'Università di Pisa. 2.3: 1737-1861*, pp. 759-822.

M. Piccolino

VERGARA-CAFFARELLI R. (2000b), *Gli strumenti scientifici*, in: *Storia dell'Università di Pisa. 2.3: 1737-1861*, 2000, pp. 1109-1166.

WOLLASTON W. (1809) *On the Agency of Electricity on Animal Secretions*. "Philosophical Magazine", 33, pp. 488-490.

ZAMPIERI, L. (2008), *Gli acconcimi e gli eventi delle fabbriche universitarie pisane in epoca lorenese*. Pisa, ETS.