

LEONARDO BADIOLI

RAJA TORPEDO

*Il taccuino di Galvani
Gli esperimenti Senigalliesi
e Riminesi
duecento anni dopo*



GIUSEPPE MINARDI
EDITORE

RAJA TORPEDO

di
Leonardo Badioli

Nella prima delle *Lezioni americane* Italo Calvino si chiede: "È legittimo estrapolare dal discorso delle scienze un'immagine del mondo che corrisponda ai miei desideri?"

Luigi Galvani aveva già scoperto chiari segni di elettricità nelle rane quando, duecento anni fa, fece un viaggio verso l'Adriatico per cercare conferme e nuove prove a favore dell'elettricità animale. Oggetto degli esperimenti le torpedini, che vi erano frequenti.

Questo libro ricostruisce, con la guida di un taccuino di appunti del fisiologo bolognese, le circostanze e il senso del suo soggiorno senigalliese e riminese e, sulla testimonianza di ricercatori e pescatori, le tracce di un animale che è diventato raro.

Poi prosegue ponendosi una domanda impossibile: cosa connette gli studi di Galvani con la rarefazione del loro oggetto? Niente, si risponde subito, sotto un profilo strettamente causativo. Come ai tempi di Galvani, però, più di una volta il percorso delle scienze si

LEONARDO BADIOLI

RAJA TORPEDO

*Il taccuino di Galvani
Gli esperimenti Senigalliesi
e Riminesi
duecento anni dopo*

GIUSEPPE MINARDI
EDITORE

A Licia

Publicato per cura di

PM PETROLI MARCHE e
MINARDI - PETROLI

Progetto grafico: *Studio Focus Senigallia*
Stampa: *Tecnostampa Ostra Vetere*
Finito di stampare nel mese di giugno 1995

Nel maggio 1795 Luigi Galvani fece un viaggio verso l'Adriatico per condurre esperimenti sulle torpedini. I suoi studi sulla elettricità animale e la controversia con Volta erano già da qualche anno al centro dell'interesse del mondo scientifico e animavano le conversazioni in tutta Europa non meno dei contemporanei rivolgimenti politici. C'è un diario manoscritto di quei giorni senigalliesi e riminesi, venerato dagli studiosi dell'opera di Galvani e per il resto completamente trascurato.

L'editore Giuseppe Minardi lo ripropone, duecento anni dopo quel viaggio, come memoria della città e per l'interesse di chi legge. Allo stesso modo vorrebbe far tornare le torpedini nel nostro mare, dove sono ormai introvabili.

Lo ringrazio per l'opportunità che offre a queste note di far conoscere da vicino il modo di lavorare di uno scienziato di due secoli fa e una breve vicenda alla quale i nostri giorni sono collegati in modo inaspettatamente rovesciato: per una variazione focale, è la perdita dell'oggetto degli esperimenti che ci induce a richiamarli. Ringrazio anche i pescatori e gli studiosi il cui pensiero spero di non aver citato impropriamente, gli amici che hanno condiviso momenti di questa ricostruzione senza trovarla bizzarra, Alfio Albani, Mariangiola Dottori, Francesco Luzi, Mirella Montagna, Marco Montanari, Francesco Trombetta e tutti coloro che, leggendola e poi incontrandomi per la strada, non mi rimprovereranno troppo per averla fatta.

L.B.

I.

QUI SORGEVA LA CASA

Senigallia, primavera del 1995. Succede, invero raramente, che ci si trovi a fare i turisti nella propria città. Quando non la si attraversa con una meta precisa, quando la conversazione non assorbe tutto l'intento del passeggiare e si è soli, a ore insolite, case muri portoni selci appaiono come straniati a chi li conosce da sempre. Spogli delle trame di ogni giorno affiorano ai sensi con un'evidenza nuova, come una fotografia dagli acidi di stampa; i segni scivolano lungo gli assi diacronici e sostano su pianerottoli e ballatoi fissati nei rimaneggiamenti degli anni. Le cose che sono lì per mostrarsi sono le più invisibili. Come le lapidi; collocate per emergere dal muro, vi si immergono e si uniformano al caseggiato fino a fondersi completamente, sprofondando nella storia che vorrebbero riportare in superficie.

Ma, cadendoci l'occhio, mi chiedo come si possa trascurare quella che si trova in via Maierini - all'epoca rievocata si chiamava *Strada dei Tedeschi* - all'angolo di via Fratelli Bandiera. Ho scritto il testo su un foglietto, per averlo esatto, ma non ce n'era bisogno perché l'usuale paideia risorgimentale che dà nome e memoria a strade e piazze me l'aveva per contrasto fissata nella mente.

*QUI SORGEVA LA CASA DEI VENNARUCCI
CHE PASSATA AI FRATELLI BATTAGLIONI
OSPITO' DAL 14 AL 18 MAGGIO 1789*

LUIGI GALVANI

*IL QUALE SUL PESCE TORPEDINE DEL NOSTRO MARE
ESEGUI' POSITIVI ESPERIMENTI DELL'ELETTRICITA'
IN COLLABORAZIONE COL DISCEPOLO
ED AMICO GIUSEPPE BATTAGLIONI
MEDICO COMPRIMARIO DI SENIGALLIA*

Troppe suggestioni in poche righe, e tutte un po' stravaganti. Quest'antica casa che il terremoto del trenta ha privato di un piano e del fastigio fino a ridurla una nobile capanna; il viaggio di uno scienziato noto dai libri di scuola per essersi accanito sulle rane per cavarne elettricità; le torpedini del nostro mare: non è davvero frequente trovarne una, per quanto l'iscrizione ne parli con l'orgoglio sommosso che si riserva a una cosa preziosa e familiare.

Una casa dimezzata, uno scienziato che aveva torto, il nostro mare senza torpedini: un bel convegno di morti, non c'è che dire, e questa lapide, cimelio di cimeli, come lo sono spesso gli stessi collezionisti di memorie patrie. Solo a loro la storia si mostra così arrendevole, si lascia organizzare in congiunzioni fatue che sono certezza prima ancora di farsi congettura. Ecco allora un quarto elemento, il 1789: come un viluppo di sentieri non più praticati si lasci condurre docilmente a un incrocio decisivo della vicenda umana.

A pensarci bene però non spetta a questa città una storia più alta del suo profilo di ogni giorno, o un cro-

nista tronfio a una natura appartata e un po' scostante. Noi dovremmo rimanere provincia senza ridurci a periferia di niente, come invece succede. Serve allora conservare le minute memorie, come le impronte delle grandi, in modo da avere qualcosa di noi da trasmettere alla fine della modernità. Le cose vere sono già rare come il sapore di una mela, e chi ne possiede il seme si fa amanuense per future rigenerazioni.

Su Galvani giace ancora il deposito, al livello più largo e diffuso delle conoscenze, del pregiudizio della sua sconfitta nella celebre controversia con Volta sull'elettricità. "E' vero", mi ha confidato un docente di biologia in un liceo, "ci ricordiamo raramente di Galvani. Io stesso, appena me ne hai accennato, sono tornato con la memoria ai miei studi; per noi Galvani era soltanto quello che aveva sbagliato credendo la rana un generatore anziché un conduttore di elettricità".

Ma i due nomi non si possono più separare proprio in virtù della polemica che li oppose. Una diversa formazione intellettuale, diverse idee politiche, anche un diverso costume personale sembravano fatti apposta per contrapporli. Galvani aveva seguito metodicamente il *cursus honorum* all'università di Bologna, prima allievo e poi erede di grandi maestri come Domenico Gusmano Galeazzi, del quale aveva sposato la figlia; Volta ebbe iniziali difficoltà nel farsi ascoltare dalla comunità scientifica, che superò solo quando poté vantare risultati apprezzabili dalle sue ricerche. Galvani sedentario nella sua città, pigro comunicatore,

dissertava in latino; Volta sempre in dialogo col mondo scientifico e con le accademie d'Europa, corrispondeva in francese; Galvani metodico e appassionato sperimentatore, garbato e tenace nel contraddittorio; Volta rapido nel demolire le tesi altrui e nel costruire le proprie, ruvido e sbrigativo nella polemica; Volta credette o si piegò alla rivoluzione e fu premiato da Napoleone; Galvani vi si oppose senza asprezza, ma con coerente intransigenza negli ultimi anni della sua vita.

Il successo dell'uno sull'altro e il perdurare del pregiudizio volgare a favore del primo e a danno del secondo sono spiegabili in origine per una maggiore affinità del modo di procedere del fisico comasco con le aspettative del suo tempo: quelle di una cultura delle scienze che da poema naturale si avviava a farsi ragione tecnologica e poi potenza di lavoro: "*Sappiamo bene quanto furono importanti nel pensiero del primo ottocento i temi della forza e soprattutto della volontà. Gli storici si compiacciono di trovarne una testimonianza tanto nell'epopea napoleonica quanto nello sviluppo della società industriale*"¹. L'insistenza di

¹ Jean Starobinski, *La coscienza e i suoi antagonisti*, Theoria 1995, p. 65. Starobinski si riferisce a forza e debolezza psicologiche, e ricorda che queste opposizioni non sono state inventate dall'approccio dinamico della psicologia contemporanea, ma provengono da letterature più antiche. È di interesse l'accenno al termine *nevrastenia*, coniato nel 1869, se si ricorda che negli stessi anni Claude Bernard assegnava al sistema dei nervi un posto centrale nell'economia del vivente a causa degli umori che distribuiscono, e interpretava ogni malattia come un disturbo del sistema nervoso. Il sistema nervoso, come già nel settecento, era ancora conside-

Volta nel definire il suo ritrovato "*circolazione senza fine*", "*moto perpetuo*" portava con sé l'intuizione di potenza e quasi di onnipotenza sulla quale si sarebbe radicato il mito contemporaneo di un'energia illimitata. Realizzare una macchina come la pila era in ogni modo un buon sistema per chiudere risolutamente ogni discorso privando nel contempo le complesse descrizioni fisiologiche del loro presupposto ipotetico, che i viventi disponessero di elettricità propria, con la dimostrazione pratica che l'elettricità era prodotta dal contatto dei conduttori.

La vittoria di Volta fu così schiacciante che per trent'anni nessuno osò più parlare di elettricità animale; a Galvani d'altra parte la morte aveva tolto la parola due anni prima che fosse realizzata la pila. Della sua opera per un lungo periodo non restò che il ricordo nell'uso di termini come *galvanismo*, *correnti galvaniche* che Volta aveva introdotto generosamente per la stima dell'interlocutore; e anch'essi indicavano non l'elettricità animale, ma più genericamente il fenomeno elettrico astratto dalla sua eziologia.

Non mancarono naturalmente, sparuti nei tempi difficili, proscrittori dell'opera di Galvani, come il nipote Giovanni Aldini, studiosi come Silvestro Gherardi, autentici custodi della sua figura di uomo e

rato fonte di vitalità e dunque la nevrastenia era espressione prossima all'idea di debolezza organica. L'argomento qui ci interessa non solo per questo aspetto, ma anche per le testimonianze che sollecita: la consonanza della *forza elettrica* con l'energia motoria negli esseri viventi e la crescita di potenza della civiltà delle macchine.

di scienziato, come Albano Sorbelli e Giulio Cesare Pupilli, in un larario bolognese ricco di personaggi di enorme rilievo, da Malpighi a Marconi. Ma non si comprese sempre distintamente fino a che punto “*con la sua prima osservazione di elettricità in moto e la dimostrazione della esistenza di un'elettricità animale egli schiuse nuove vie alla scienza: per un lato alla conquista della terra e dei mezzi, per l'altro alla esplorazione dei fenomeni più nascosti della vita*”².

Il merito di Galvani non va soltanto all'aver favorito col suo errore l'invenzione di Volta, ma anche, all'inverso, all'aver fatto strada alle conoscenze che “*oggi consentono di raffigurare per ogni effetto ner-*

² Dal discorso pronunciato da Giulio Cesare Pupilli a Bologna il 4 dicembre 1957, in occasione della traslazione dei resti di Luigi Galvani e Lucia Galeazzi nella cappella appositamente eretta per accoglierle nel santuario del Corpus Domini: G.C.Pupilli, *L'umanità del Galvani*, ed. Luigi Parma, Bologna 1960, pag. 8. Il discorso ripropone nelle forme dell'elogio e della retorica funebre della tradizione accademica momenti noti della biografia galvaniana: non solo i passi decisivi della ricerca e la sua importanza per il progresso delle scienze, ma anche la rettitudine personale, l'amore coniugale, la religiosità e la particolare disposizione verso i sofferenti. L'agiografia dell'uomo, nonostante tali elogi non siano mai privi di enfasi celebrativa, trova accenti di particolare verità nel rilievo personale e nell'affetto che la città e il mondo accademico tributavano a Galvani. Tuttavia non si può negare che il racconto della vita di Galvani sia influenzato da questo modello retorico poiché le prime tre biografie che lo riguardano, fonti anche per le successive, furono appunto elogi: G. L. Alibert, *Elogio storico di Luigi Galvani*, Bologna, A. S. Tommaso d'Aquino, 1802; *Elogio del Galvani, pronunciato il 24 maggio 1802 dal prof. Giuseppe Venturoli*, in Opere editte e inedite di Galvani, parte I; G. Medici, *Elogio di Luigi Galvani*, Bologna, Tip. Militare, 1845. Circa la consuetudine dell'elogio accademico, si veda Daniel Roche, *La cultura dei lumi*, il Mulino 1992, pp.392-415.

voso, semplice o complesso, la corrispondente costellazione di centri per i quali trasvolano...gli impulsi elettrici destati da uno stimolo o da un'idea”³.

Galvani fu consapevole della portata attuale e potenziale delle sue scoperte. “*Non avrei mai creduto*”, scrive con emozione nel presentarle per la prima volta a un pubblico più ampio di quello della sua università, “*che la fortuna mi sarebbe stata amica a tal punto da concedere, forse a me per primo, di maneggiare, per così dire, l'elettricità nascosta nei nervi e di trarla fuori di essi e di porla quasi sotto gli occhi di tutti*”⁴. Se i manuali d'oggi possono cominciare affermando che ogni cellula produce potenziali elettrici attraverso la membrana, è anche perché di quella elettricità Galvani aveva osservato il passaggio attraverso i nervi nelle contrazioni delle zampe della rana.

Recentemente Marcello Pera ha riproposto all'attenzione la celebre controversia che oppose Galvani e Volta oltre i termini nei quali la tradizione l'aveva costretta: essa è “*un caso emblematico da laboratorio epistemologico*” nel quale la prova empirica è ambigua, anzi ambivalente a far sì che ciascuno ci veda quello che la propria metafisica nascosta lo inclina a vedere⁵. Galvani, da fisiologo, guarda il nervo e il

³ Ivi.

⁴ Luigi Galvani, *De viribus electricitatis in motu musculari commentarius*, Bologna 1791. È lo scritto principale di Galvani, che si è usi chiamare più brevemente *Commentario*. Gustavo Barbensi in *Opere scelte di Luigi Galvani*, UTET 1967 ne riporta ampie parti nella traduzione di Enrico Benassi.

⁵ Marcello Pera, *La rana ambigua*, Einaudi 1986.

muscolo della rana come un nervo e un muscolo; Volta, da fisico, li guarda come conduttori.

Tra i due atteggiamenti passa una faglia profonda e i contendenti sembrano avvertirne l'inconciliabilità al punto da approfondirla irrimediabilmente: è quella stessa frattura che anche oggi non ha smesso di contrapporre vitalismo biologico e materialismo fisico. Non solo il medesimo fenomeno viene letto in modo diverso: lo stesso punto d'approdo della ricerca si fa divergente in ragione delle teorie che vi sono coinvolte. Volta costruì la pila e aprì una nuova era dell'elettrologia; Galvani investigò l'attività elettrica nel sistema nervoso periferico, rendendo sensibile agli esperimenti un principio che fino a quel momento la fisiologia aveva attribuito a un indistinto flusso delle forze vitali. La sua ricerca, con meno impetuosa progressione, porterà alla nascita dell'elettrofisiologia e poi alla neurobiologia contemporanea.

I due percorsi non si presentavano accidentati allo stesso modo. Le scienze fisiche si erano liberate dal peso della tradizione aristotelica con una rivoluzione e da tempo godevano di una maggiore libertà d'azione; nessuna rivoluzione copernicana aveva invece sovvertito le scienze della vita, anzi l'ispirazione aristotelico-vitalistica aveva stimolato la sperimentazione molto più di quanto non l'avesse fatto la riduzione della fisiologia a una meccanica. E nonostante gli ambienti più innovativi, quello degli *iatrofisici* come Borelli ad esempio, avessero disegnato programmi riduzionisti, nonostante il secentesco Coro Anatomico, per restare nell'ambiente bolognese, si prefiggesse di scalzare il predominio dei testi galenici e arabi dal curriculum



“... quest'antica casa, che il terremoto del trenta ha privato di un piano e del fastigio fino a ridurla una nobile capanna...” (pag. 10)

di studi di medicina, le metafisiche biologiche tennero il campo per tutto il secolo dei lumi⁶.

Galvani nella ricerca si tenne sempre scrupolosamente al miglior costume dei suoi tempi, quello di un'equilibrata combinazione di osservazione e raziocinio⁷. Ritenne di aver provato l'esistenza di una elettricità animale osservandone il fluire che dava contrazioni alle zampe della rana. Fu guidato a questa lettura dei

6 Tra i tanti interessanti sull'argomento, cito il saggio di Walter Bernardi in *Medicina e biologia nella rivoluzione scientifica*, a cura di Lino Conti, Porziuncola, 1987. Il Coro Anatomico (Bartolomeo Massari, Andrea Mariani, Marcello Malpighi e altri) si fece protagonista di una riscoperta della medicina di Ippocrate: si veda a proposito il n. 48 della rivista *Quaderni Storici*, dal titolo *Accademie scientifiche del seicento*, Ancona-Roma, dicembre 1989. Contemporaneamente però nell'università di Bologna c'era chi richiedeva agli studenti un giuramento preliminare di fedeltà al pensiero aristotelico; il Canone di Avicenna, autentica Bibbia della medicina galenica, conservò a Bologna una posizione nominale nei programmi universitari addirittura fino all'ottocento; si veda per questo aspetto *Il Canone di Avicenna*, UTET 1991, p. 27.

7 "La varietà, ed accuratezza delle sperienze accompagnata da un profondo raziocinio formano un tutto che sarà sempre rispettabile presso la posterità", scrive a Galvani Bartolomeo Ferrari, riconoscendogli rigore di metodo e forza d'argomenti (in *La scoperta dell'elettricità animale nella corrispondenza inedita fra Luigi Galvani e Lazzaro Spallanzani, con due lettere di Mariano Fontana e Bartolomeo Ferrari*, a cura di Ludovico Barbieri, R. Dep. St. Patria per l'Emilia e la Romagna, vol. III, anno 1938). E Voltaire, scrivendo nel 1776 a Spallanzani: "il vostro libro vivrà, poiché si basa sull'esperienza e sulla ragione" (P. Capparoni, Spallanzani, Torino 1948). L'insufficienza della "venerabile idea" che i soli "fatti e raziocinio" possano convalidare un'ipotesi scientifica è l'assunto principale del libro di Pera, cit.: "Ci sono casi in cui un cambiamento di teorie scientifiche che coinvolga anche un cambiamento nelle assunzioni metafisiche profonde può dar luogo a sistemi concettuali incompatibili ma equivalenti empiricamente".

propri esperimenti dalla analogia, che aveva presupposto, del muscolo e del nervo con la bottiglia di Leida, e ne cercò la conferma. Chiuse infine il sistema attribuendo la produzione del fluido nerveo-elettrico al cervello e la sua erogazione all'anima che vi risiede, scacciando gli *spiriti animali* dal circuito dei nervi dove la tradizione li aveva collocati. Aveva definito in questo modo il problema del rapporto *mente-natura* e riproposto "un vastissimo campo di riflessioni e di utili ricerche anche ai fisiologi non meno che ai metafisici"⁸.

Galvani aveva fatto coincidere due fluidi di cui le conoscenze del suo tempo assicuravano l'esistenza: quello di natura eterea, ignea, che la tradizione galenica immaginava all'interno dei viventi e chiamava col nome di *spiriti animali*, *spiriti vitali*, e quello elettrico, che un fraintendimento fortunato aveva creduto di rinchiudere nella bottiglia di Leida⁹. Ipotizzando per essi un'unica natura elettrica e sperimentandola sugli animali, Galvani si sottraeva a ogni vagabondaggio speculativo, ma costringeva gli spiriti all'abbandono della regione periferica degli organismi viventi e il soffio vitale alla riduzione a puro fluido elettrico. Sgomberata la via dei nervi dal flusso incerto del

⁸ Lettera di Galvani a Spallanzani, 26 aprile 1794, in *La scoperta...cit.*

⁹ Thomas Kuhn chiama proprio la bottiglia di Leida come esempio di scoperta scientifica indotta dalla teoria. L'elettricità era concepita come fluido e la bottiglia, primo condensatore, fu ottenuta col tentativo di richiudervi quel fluido. T.Kuhn, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi 1969, pp. 37, 86.

pneuma, l'elettricità poteva ora incarnare lo spirito occulto della vita sostituendosi ad esso e rendendolo manifesto. Ma questo non avveniva senza contrasti. L'aggiogamento, una volta smaltita la meraviglia per gli esperimenti galvaniani, lasciava insoddisfatti alcuni fisiologi poco inclini a ridurre i fattori vitali all'ordine delle forze fisiche; in quanto ai fisici, proprio l'appoggio che Galvani cercava nelle loro conoscenze come base di partenza del suo percorso fisiognostico si rivelò fallace. Le conoscenze elettrostatiche già acquisite sono per lui un modello di causalità (*se...allora*) che si rivelerà poco fidato, perché l'avversario potrà chiudere la partita proprio sovvertendo le conoscenze fisiche sulla quali il fisiologo Galvani faceva affidamento: conduttori dissimili a contatto generano elettricità.

Nelle fasi cruciali della controversia, i contendenti rivolsero l'attenzione a quell'attore primario di elettricità che è la torpedine. Essa si proponeva come uno schema vivente del circuito che si vuole indagare. Già da tempo Galvani desiderava sperimentare quella sua capacità di dare la scossa che era universalmente riconosciuta come *elettricità animale*. Era semmai la sua singolarità che obbligava, dopo averla annunciata, a determinare in che rapporto essa si ponesse con l'elettricità che poteva ritenersi presente nella generalità degli animali. Aveva molte cose da chiederle. Da dove provenisse e quale circuito percorresse quella franca elettricità che essa somministra esternamente a chi la tocchi; se accanto a quel circuito esterno essa disponesse di un equivalente circuito interno alla sua eco-

nomia¹⁰ come quello di cui dispongono la rana e ogni altro animale; se i due fluidi fossero di identica natura tra loro e se condividessero sostanza e proprietà con la “*comune e volgare elettricità*”.

A qualcuna di queste domande trovò risposte sicure: soprattutto che l'elettricità animale è un fluido unico che proviene dal cervello, e che la varietà dei fenomeni che mostra e delle funzioni cui assolve dipendono dalla diversa struttura e organizzazione delle parti che lo ricevono, siano esse i muscoli o gli organi elettrici della torpedine. Queste risposte consentono a Galvani di confermare e completare un quadro coerente nel quale il cervello elabora e immagazzina il fluido elettrico e l'anima, “*come padrona del suo impero*”, provvede a dispensarlo attraverso i nervi agli organi e ai muscoli che a loro volta lo trasformano in azione e movimento.

L'anima è un contrappunto sempre presente alla cornice della ricerca galvaniana, ed estremo punto di congiunzione delle sue esperienze in una teoria compiuta. Quando vi giunge, Galvani sa di essere pervenuto al limite che l'esperimento non può travalicare e che separa la realtà sensibile da quello che non si può conoscere. Il percorso decisivo finisce al suo cospetto

10 Sull'uso del termine *economia animale* si veda Georges Canguilhem, *Ideologia e razionalità nella storia delle scienze della vita*, La Nuova Italia, 1992, pag. 88. *Oeconomia animalis* alludeva al buon governo degli organi e stabiliva paralleli con il buon governo della società e con l'ordine morale. Progressivamente il termine si limitava a significare il funzionamento degli organi e a indicare il campo di interessi del fisiologo.

e Galvani vi annoda la certezza delle cose fisiche, fissando il luogo di un accordo possibile nella capacità di produrre lo sbilancio tra l'organizzazione fisica e gli atti della volontà.

Le altre risposte che ottiene sono meno definitive, ma non tali da alterare la coesione del sistema che Galvani si è costruito. Rimandano a nuovi esperimenti e a nuovi possibili *corollari*. I due fluidi, *muscolare*, ossia semplicemente animale, e *tubulare*, quello scuotente delle torpedine, sembrano avere caratteri propri che differiscono da quelli noti dell'elettricità dei fisici. Questa constatazione rafforza un assunto progressivamente abbracciato dei galvaniani, che divengono così ancora più irriducibili a un compromesso - che pure sembrava a portata di mano - con quelle di Volta e guidano piuttosto i galvaniani verso un binario morto delle loro tesi.

Ecco inoltre la torpedine esibire, oltre all'ambivalenza sottesa al circuito elettrico del movimento, già vista nella rana, gli strumenti che serviranno a Volta per chiudere la partita proprio nella costituzione dell'organo elettrico. Costruendo la pila, il fisico allestisce un congegno che assolve a una funzione non solo di *macchina efficiente*, ma anche di *macchina teorica* capace di illustrare i principi sui quali il suo inventore si fonda, e di *macchina metaforica* rispetto alla fisiologia degli organi elettrici dell'animale¹¹. “*A quale*

11 Si veda il saggio di Mario Vegetti *I nervi dell'anima, in Il vivente e l'anima*, Transeuropa 1990. Altre macchine oltre la pila metaforizzano più o meno funzionalmente la torpedine. Una è appunto la *torpedine*,

elettricità dunque”, - incalza Volta, - “a quale strumento deve essere paragonato questo organo della torpedine? A quello che io ho costruito..., a quell'apparecchio che io ho chiamato Organo Elettrico Artificiale e che, essendo in fondo la stessa cosa dell'organo naturale della torpedine, gli rassomiglia anche per la forma...”¹²

Il trionfo di Volta è a questo punto completo: l'elettricità animale che vuole Galvani non esiste; quella della torpedine è comunque l'effetto di placche eterogenee che a contatto producono scariche elettriche; l'elettricità è un fenomeno fisico che si genera dal contatto di conduttori umidi eterogenei, come la pila appunto. Riprendendo il discorso trent'anni dopo, prima cautamente, poi con maggior vigore, Leopoldo Nobili rileva con l'uso di uno strumento sensibile come il galvanometro una *corrente di rana* o *corrente propria*¹³; poco dopo Carlo Matteucci dimostra che la

arma subacquea da fondo, che simula l'insidia degli organi elettrici dell'animale acquattato sotto la sabbia. Anche oggi l'ingegneria lavora alla riproduzione di funzioni omologhe a quelle dispiegate dalla torpedine. Per esempio in *Torpedo technology in the 80's*, Ocean Conference Boston, 1981, Blood e Maynard spiegano come sarà possibile applicare nuove tecnologie ai veicoli sottomarini. Progressi nel campo dell'intelligenza artificiale permetteranno ai veicoli di “imparare” a misurare l'ambiente circostante per segnalare ostacoli e cogliere obiettivi (fonte ASFA).

12 Alessandro Volta, Lettera a Sir Joseph Banks, in *Opere scelte*, a cura di M. Gliozzi, UTET 1967.

13 Leopoldo Nobili, *Analyse expérimentale et théorique des phénomènes physiologiques produits par l'électricité sur la grenouille*. Ann.Chim.Phys. 1835, 44,60; Carlo Matteucci, *Expériences sur la torpille, lettre à M. Donné*, C. R. Acad. Sci., Paris 1836, 3, 430-431;

scarica data dall'organo elettrico della torpedine è un atto volontario regolato da impulsi nervosi che hanno origine nel tronco encefalico. Con questo viene confermata l'esistenza di quell'elettricità animale, capace di uno sbilancio proprio, che Galvani aveva osservato nei suoi esperimenti; giungono, differite nel tempo, risposte coerenti e diverse in ragione delle diverse domande che sono state poste. Gli studi sulla torpedine, sistematizzati da Savi¹⁴, non si sono mai interrotti. L'ipertrofia dei suoi organi elettrici ne fa, suo malgrado, un animale a *vocazione* didattica e sperimentale; ancora oggi frequenta i tavoli di laboratorio dove il grande sviluppo delle neuroscienze le dedica un'attenzione particolare.

Andando a cercare di Galvani e di torpedini ho trovato di non essere il primo ad accorgermi dell'errore di data sulla lapide. Già Dario Mazzanti rilevò due fatti proprio mentre si preparava a richiamare i duecento anni dal viaggio: che esso avvenne nel 1795 e che negli anni recenti le torpedini non si trovano più¹⁵.

Se pure è vero che le torpedini sono introvabili, Galvani non avrebbe potuto prevederlo, né possiamo

Nouvelles expériences sur la torpille, ivi, 1837, 5, 501-504; *Recherches sur le courant propre de la grenouille*, Archives de l'électricité, Bibliothèque universelle de Genève, 1838.

14 Paolo Savi, *Etudes anatomiques sur le système nerveux et sur l'organe électrique de la Torpille*, in Matteucci, *Traité des phénomènes électrophysiologiques des animaux*, Fortin et Masson, 1844.

15 Dario Mazzanti, *Galvani a Senigallia*, in *Sestante*, maggio 1989.

rimproverargli se, giunto ad allacciare l'elettricità animale con la volontà che le dà l'impulso e la mantiene attiva nel circolo, non abbia proseguito col chiedersi quali forze uniformassero il mondo nel quale essa è immersa. Una simile domanda non avrebbe niente di improponibile: i coevi tedeschi di Galvani avevano tratto dai fondamenti della loro "*Naturphilosophie*" l'idea di una identità universale tra natura organica e inorganica e portato in medicina una teoria della corrispondenza tra irritabilità organica e magnetismo cosmico¹⁶. Se mai bisogna riconoscere a Galvani che, pur muovendo nell'ambito di una scienza fortemente ideologica, compie ogni sforzo per sottrarre il suo studio a quella sfera e trasferirlo nell'ambito delle scienze sperimentali e della loro operatività; suo merito dunque non aver proceduto alla espansione di metonimi incontrollabili.

La domanda è tuttavia prepotente. Meglio allora formularla con maggior cautela di metodo, alla maniera di Gregory Bateson, se vogliamo ottenere una risposta apprezzabile: cosa può connettere gli studi di Galvani con la rarefazione del loro oggetto? Una risposta ovvia e ragionevolmente causativa direbbe "*niente*": ai tempi di Galvani non c'erano i diserbanti, i concimi chimici e gli altri complementi dell'inquinamento del mare, né gli incrementi di potenza e di prelievo sulla natura cui è possibile attribuire la rarefazione delle torpedini.

Ma lascerebbe delusi, e ci consegnerebbe al ram-

16 Canguilhem, op. cit., p. 42.

marico di non trovarne una capace di offrire spiegazioni migliori. Invece dobbiamo ammettere che ci sia, alla base della crisi degli ecosistemi, se non un peccato originale, un qualche errore epistemologico lungo il percorso del progresso, non riducibile a un semplice sbalzo di fosfati e di nanocurie; in questa prospettiva è allora altrettanto possibile trovare risposte convincenti. Eccone una: è l'ignoranza "*del più grande sistema che noi possiamo avere a cuore*"¹⁷.

Galvani cercò nei corpi viventi quelle relazioni che facevano di una forza fisica l'elemento connettore delle funzioni vitali organizzate in un sistema. Non procedette per abduzioni più ampie, ma per analogie orizzontali, perché le conoscenze dei suoi tempi non gli permettevano di organizzare l'ambiente della torpedine e in generale dei viventi in modo da poter descrivere e sperimentare le relazioni che vi corrono. Le concezioni vitalistiche che ancora prevalevano affidavano all'*anima* il compito di mantenere e difendere l'integrità della vita contro le forze dissolutive dei suoi stessi costituenti chimici e dell'ambiente esterno. Ma si fosse anche trattato, invece dell'anima, di una questione di *stenia* e di *astenia* di forze vitali affini al galvanismo animale, come volevano alcuni medici dell'epoca¹⁸, restava il fatto che la vita era vista come una

17 Gregory Bateson, *Mente e Natura*, Adelphi 1984, p. 289.

18 Canguilhem, in un capitolo dell'opera citata, parla del *sistema* del medico scozzese John Brown, che ponendo i concetti di *stenia* e *astenia* al centro di una *teoria della eccitabilità organica* sedusse gli italiani a causa di Volta e del galvanismo, e i tedeschi a causa di Messmer e del

lotta tra il vivente e il mondo materiale, la salute e la malattia il risultato di una resistenza dell'organismo alle forze disgregative inanimate interne ed esterne. Lo stesso concetto di "ambiente", definito già come "environnement", si limitava in realtà a denotare uno spazio fisico avvolgente e non una complessità organizzata e interattiva. Altre volte era in uso il termine "climat", dichiaratamente limitato ai fatti atmosferici.

Fu Lamarck il primo che, negli anni immediatamente successivi alla morte di Galvani, prese a riferirsi col termine "milieu" alle variabili ambientali dalle quali gli organismi viventi sono condizionati e modificati. Non solo. Il mondo biologico era fermo al piano della creazione che stabiliva una "scala naturae" gerarchica e discontinua¹⁹, disposta dall'alto verso il basso, diretta dagli spiriti più puri e digradante dagli angeli all'uomo, alla scimmia, agli animali inferiori fino agli infusori. La mente che la reggeva, pur avendo arretrato a causa efficiente dell'universo la propria sapienza cosmologica, manteneva integro il proprio dominio sulla gerarchia dei viventi.

Lamarck mise in moto quell'universo immobile, mise in relazione gli organismi viventi e i loro organi interni con l'ambiente esterno e concepì per la prima volta l'idea di evoluzione; per questo sovvertimento,

magnetismo animale. Ma molte scuole mediche dell'epoca basavano teoria e terapia su principi unitari come quello di Brown; Marcello Pera dedica alle scuole mediche del settecento un interessante capitolo di *La rana ambigua*, cit.

¹⁹ Sia pure *katà mikron*, come voleva Aristotele.

che pure il secolo dei lumi aveva preparato, egli subì un ripudio, un "soffocamento"²⁰ non meno grave e perdurante di quello toccato a Galvani, da parte di quella scienza fissista che riteneva fantasiosa e in qualche modo irriverente l'idea di un mondo vivente attivo e mutevole sia in senso - diremmo oggi - *diacronico* (evoluzione) che in senso *sincronico* (relazione).

Certo la teoria lamarckiana della trasmissione dei caratteri acquisiti non è ritenuta accettabile; tuttavia, ricorda Bateson, rovesciando la scala dei viventi e prospettando una evoluzione adattativa senza salti dagli organismi più semplici ai più complessi, Lamarck impose al proprio sistema di spiegare la mente, anziché esserne spiegato.

Le condizioni della vita, adesso, potevano essere viste come una interazione tra dentro e fuori e la natura non più come un elemento ostile e disorganizzatore, ma come *natura medicatrix* equilibrata e sapiente. Come l'ambiente esterno non era una semplice sfera avvolgente, fisica o meteorica, similmente l'ambiente interno non era un puro contenitore di spiriti né un meccanismo al servizio dell'anima; ma soltanto dopo il 1865 Claude Bernard troverà la definizione di quel "milieu intérieur" che, già considerato da Lamarck, è per quanto ci riguarda precisamente l'ambito cui

²⁰ Jean-Baptiste Lamarck, *Filosofia zoologica*, La Nuova Italia, 1976. Nell'introduzione all'opera il curatore Giulio Barsanti racconta come sia avvenuto il soffocamento dell'opera di Lamarck, costantemente lasciata cadere, ignorata o derisa finché egli era in vita, affossata dal mondo scientifico dopo la morte.

Galvani aveva dedicato la sua strenua attenzione. Galvani veramente s'era dato a studiare *il più grande sistema che gli stesse a cuore*; aveva sostituito un principio fisico a uno incerto e non controllabile all'interno dell'economia animale, senza però romperne l'unità se non per ricostituirla al termine dell'esperimento. Volta trasferì la scoperta galvaniana fuori dall'animale, a vantaggio della conoscenza di forze puramente fisiche. Entrambi, inaugurando nuove stagioni dei rispettivi campi d'indagine, la fisiologia e l'elettrologia, rendevano un buon servizio alle scienze del secolo che si apriva: tuttavia *l'instabilità paradigmatica* di quegli anni non aveva ancora determinato per la biologia lo stesso percorso trionfante del meccanicismo nella fisica del primo ottocento. Così l'elettricità animale poteva adattarsi bene allo schema cartesiano e favorire lo studio del corpo umano come macchina biologica, come fece dopo Matteucci, oppure affiancare con affinità rilevanti quella medicina omeopatica che cominciava con Hahnemann proprio in quel fine secolo intorno all'idea neovitalistica dell'elettromagnetismo corporeo²¹.

L'idea nascente di *energia* si giocava in comune,

21 Il sistema terapeutico chiamato *omeopatia*, che si ispira alle teorie di Ippocrate e Paracelso, fu fondato da Hahnemann alla fine del settecento ed ebbe una notevole diffusione nella prima metà dell'ottocento, prima che il sistema *biomedico*, che da Pasteur in avanti ottenne una serie di successi entusiasmanti, diventasse medicina ufficiale. Si basava su un modello di *energia vitale*, solidale con l'antico concetto cinese di *ch'i*, che dal movimento omeopatico contemporaneo viene fatto coincidere col campo elettromagnetico del corpo umano.

ma vi si intravedeva già il germe di un divorzio che sarebbe durato per tutto il secolo delle macchine. Si poteva osservare intanto un'asimmetria: la rana di Galvani attivava un circuito elettrico capace di determinare il moto muscolare: un principio metafisico o indeterminato, l'anima, si serviva di una meccanica dei fluidi per ottenere le manifestazioni della vita, il movimento e le sensazioni. Il contatto dei conduttori eterogenei secondo Volta mostrava un potere elettromotore, ossia la capacità di attivare il circuito elettrico: una meccanica dei fluidi che operava autonomamente. Per muovere cosa?

L'intuizione, nel farsi costruzione sperimentale, *cosificava* e rendeva efficiente un fatto osservativo addossandolo a un principio che fino a quel momento era appartenuto alle teorie del moto astratto e che significativamente Volta richiamava: *il moto perpetuo*. Il fisico riteneva insomma di poter dare avvio concreto a un'era dominata dalla scoperta della capacità di eseguire lavoro senza limiti di energia. Dopo Faraday, Ampère, Maxwell l'elettricità si faceva applicativa come potenziale di macchine industriali che eseguono lavoro, ma la mente umana continuava a mostrarsi *"alquanto restia a perdere la speranza di poter un giorno costruire un motore in grado di eseguire lavoro senza consumare energia, cioè di poter ottenere un moto perpetuo"*²². Ancora nel 1880, scrive Georgescu-

22 Nicholas Georgescu-Roegen, *Postafazione* a Jeremy Rifkin, *Entropia*, Mondadori 1982, p. 284. Vi si trova anche l'affermazione che segue.

Roegen, era molto in auge la convinzione che l'elettricità fosse una fonte libera e illimitata di energia motrice.

Non rimprovereremo adesso a Volta il contrario di ciò che non abbiamo rimproverato a Galvani; è certo però che la sua invenzione si trovò in convincente sintonia con le aspirazioni del secolo che cominciava e si mostrava capace di imprimere un indirizzo deciso alla modificazione del paradigma delle scienze fisiche non solo verso l'affermazione del concetto di energia, ma anche verso una sua fase marcatamente applicativa. Ed è forse utile questo accostamento di due perdenti, Galvani e Lamarck, per indicare come *errore epistemologico l'indirizzo unilaterale*²³ che ha dato luogo alla nostra civiltà materiale così scintillante, specializzata e insostenibile. Il disinteresse per le connessioni, la separazione del mondo organico rispetto a quello fisico e la riduzione degli organismi viventi alle loro componenti fisiche e chimiche hanno posto le basi del *"trionfo dell'Ingegneria sulla Mente"*²⁴ e rallentato il successo di quelle conoscenze che si svolgevano a connettere anziché a separare.

Quel trionfo perdura ancora malgrado le scienze del novecento ne abbiano in coro ripudiato i fonda-

23 L'idea, elaborata da Bateson, è ricorrente nella critica ecologica della civiltà industriale e tema presente nella riflessione contemporanea. Per esempio Guido Ceronetti, con lucida amarezza: *"Aver costretto la Natura a piegarsi alla linea retta, costituisce già una colpa che può costare all'umanità una più che giusta condanna a morte"*. G. Ceronetti, *Pensieri del tè*, Adelphi, 1987, p. 107.

24 Gregory Bateson, *Mente e Natura*, cit., p. 35.

menti: ha creato anzi uno iato profondo tra il pensare delle scienze e dell'economia²⁵ e l'operare delle tecniche di trasformazione, che continuano a facilitare quei processi di suppurazione del meccanicismo degradato a ingegneria che noi chiamiamo, secondo i punti di vista, *entropia, crimine o scotto da pagare*.

La presenza di Niels Bohr alle celebrazioni galvane del 1937 segna una riconciliazione simbolica dal divorzio di un secolo. Il suggello è dato dall'assumere importanza di due fatti fondamentali: la facoltà che la *termodinamica delle strutture dissipative* offre alla fisica di descrivere l'organizzazione del mondo vivente e il *principio di indeterminazione evolutiva degli organismi biologici* unito alla grande invarianza di base della biologia che mostra come la biosfera si regga su una coerenza primordiale²⁶.

Non basta però questo a contrastare il trionfo dell'ingegneria. Anzi, quel trionfo ci ha costretto a riprodurre le antiche aporie: ricostruire il mondo aggregan-

25 *"È così che l'economia cesserà di essere politica...In questo processo di frammentazione del sapere, gli ingegneri diventeranno spesso i veri arbitri dell'economia; i loro sogni di potenza industriale e di modernismo, di dominio fisico dello spazio, di costruzione di sistemi sottoposti al loro controllo esclusivo, diventeranno una delle realtà economiche più importanti di cui l'economista, incompetente nei settori tecnici di cui solo l'ingegnere è il re, dovrà prendere atto senza aver potuto sviluppare la minima analisi critica"*; Georges Corm, *Il nuovo disordine economico mondiale*, Bollati Boringhieri 1994.

26 *"Inadeguatezza e rischi dell'approccio galileiano ai problemi biologici ed ecosistemici"* sono ben spiegati nell'intervento di Aldo Sacchetti al convegno *Il Mare non è solo risorsa materiale: è vita*, Bologna 25 gennaio 1992, organizzazione e atti a cura di S.O.S. Adriatico.

do serie sterminate di dati quantitativi alla maniera di Spencer o ricavare spazi vuoti ai quali si possa dare il nome di anima, nascosti nelle connessioni minime nelle quali il neurone genera il pensiero, o in quel legame che tiene insieme la biosfera come un unico organismo. D'altra parte la meraviglia non è destinata a diminuire col progredire delle scienze, e l'anima è appunto sinonimo di meraviglia: arretra a ogni passo delle conoscenze, ma ritorna più prepotente col rinascere della meraviglia. Tuttavia una simile ricorsività, avvitata in una spirale hegeliana, era pensabile finché l'insieme restava coeso²⁷; anzi, presupponendo come data e costruibile la coerenza dei sistemi, o addirittura disinteressandosene, la fondazione meccanica delle scienze lasciava spazi incustoditi alla metafisica, ne rivelava evidenti complementarità. La loro intesa ha retto finché non gli strumenti, che anzi si sono fatti ipertrofici, ma il banco di prova non ha cominciato a dare segni di cedimento. Nel nostro esempio il banco di prova è la popolazione ittica nel suo elemento; il suo cedimento è un momento di crisi di una biocenosi e parte di un generale processo di deprivazione della biodiversità. Ecco perché la rarefazione delle torpedini può farsi paradigma della fine di un ciclo in cui le

²⁷ Ciò che William Emerson affermava in tono apodittico chiudendolo entro i limiti di un paradosso, va evidentemente preso alla lettera: "I suoi principi", scriveva a proposito dei *Principia* di Newton, "essendo fondati sull'infalibile base dell'osservazione e dell'esperimento, saranno necessariamente valedoli fino alla dissoluzione della stessa natura"; in Ernst Cassirer, *Dall'umanesimo all'illuminismo*, La Nuova Italia, 1967, p. 341.

scienze potevano attingere indefinitamente dalla natura e separare l'oggetto della loro investigazione.

Ciò che ha determinato il cedimento è l'elemento nuovo nell'atto che proietta il peso della sua stessa crescita: il fattore umano come motore di mutazione. In fondo, fatalisticamente, Lamarck l'aveva profetizzato: "L'uomo...si direbbe che è destinato a distruggersi con le proprie mani, dopo aver reso il globo inabitabile"²⁸. Noi siamo invece positivamente costretti ad aprire un'epoca in cui l'elemento antropico, nell'astrazione della propria volontà, diviene fattore preponderante della filogenesi. Possiamo tentare di portare a compimento il compito demiurgico e presuntuoso di guidarla, ma un'anima separata non ci servirà da orientamento; possiamo invece tentare di cambiare il modo di pensare e di operare, scoprendo ciò che unisce in un unico logos le unità minime oltre le quali non c'è più quell'interazione delle parti che consente di concepire una mente, e le metastrutture che organizzano forme e relazioni di ciò che chiamiamo *natura*.

La via da percorrere potrebbe essere quel "duplice pilotaggio" di cui parla Edgar Morin, che consiste insieme nel guidarla e nel lasciarsene guidare²⁹.

Al centro di questo libro è il taccuino di Galvani, la riproduzione delle note manoscritte agli esperimenti

²⁸ Lamarck, op. cit.

²⁹ Accolgo qui la guida di Edgar Morin per la "restaurazione e il rinnovamento della natura vivente"; v. E. Morin, *Il pensiero ecologico*, Hopefulmonster, 1988.

secolo scorso, però, lo ricorda in una nota al suo commento ai manoscritti galvaniani sulla torpedine, nel 1868: “*Nella nostra gioventù lui conoscemmo vecchione vecchione, qui a Bologna, ove sedea nella Commissione Provinciale di Sanità*”. Il dottor Tommasini, che era a quei tempi una celebrità, lo chiamava “*il buon dottor Battaglioni*” e lui di rimando non risparmiava ironie ai suoi metodi innovativi in chirurgia, ghignando che “*avevano fatto spargere più sangue che non Napoleone in tutte le sue campagne*”.

Al ritorno Galvani rese conto del risultato degli esperimenti in una dissertazione latina recitata in seduta privata all'Accademia delle Scienze e riletta in seduta semipubblica il 6 giugno dello stesso anno.

Ma sono anni di cambiamenti. Politici. Gherardi scova in calce a uno scritto galvaniano un graffito, apparentemente distante, sull'arrivo dell'esercito napoleonico. “*Die 20 junii...Rediit Bononia Respublica...Sub Gallorum auspiciis... Gallico exercitu intra civitatem...Inopinato...*”³⁰.

Scientifici. Verso la metà del 1797 Galvani pubblica cinque “*Memorie sull'elettricità animale*” indirizzate a Lazzaro Spallanzani, nelle quali lo elegge a giudice dei risultati ottenuti. Vengono definite *il testamento scientifico di Galvani*. L'ultima di queste memorie, la quinta, è dedicata espressamente agli esperimenti sulla torpedine; vi si ripropongono le

³⁰ Silvestro Gherardi, *Di due preziosi mss. del Galvani sulla torpedine*, dissertazione letta il 7 maggio 1868, in *Memorie dell'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna*, serie II, t.9.

che egli condusse nella sua permanenza a Senigallia e a Rimini. Ciò che lo precede e che lo segue è scritto allo scopo di rendere comprensibile ogni singolo gesto compiuto sulla torpedine, il cui senso resterebbe oscuro a chi non vi ponga un interesse speciale, il posto che questi esperimenti occupano nel pensiero e nella vicenda di Galvani, il loro rilievo in quanto ne è seguito.

Una cronaca sommaria di quei giorni. Galvani fece testamento e lo depositò il 30 aprile 1795; poi, insieme con alcuni amici, si mise in viaggio “*per diporto*” intorno al 10 maggio. Calcolando per i viaggi dell'epoca cinquanta-sessanta chilometri al giorno, probabilmente la sera del 13 maggio era giunto a Senigallia, in casa del dottor Battaglioni. Il 14 mattina cominciava gli esperimenti, che si protraevano, con un giorno di pausa, fino al 17; ancora un giorno di trasferimento verso Rimini e poi, il 19 e il 20, due altri giorni di esperimenti che ripetevano in gran parte quelli effettuati a Senigallia. Avrebbe continuato ancora se gli amici non avessero avuto fretta di ritornare.

Della casa abbiamo detto; solo che la lapide scrive scorrettamente “*qui sorgeva*”. La casa è tuttora, pur ridotta dal crollo parziale, quella medesima che ospitò Galvani, né risulta che sia stata demolita e ricostruita dopo la data del viaggio.

Poche notizie anche sull'ospite senigalliese, Giuseppe Battaglioni. Galvani lo cita nei suoi scritti più di una volta, per la collaborazione nel predisporre i materiali, l'abilità nell'intervenire nell'esperimento, l'incarico di compierne tre altri successivamente. Silvestro Gherardi, il maggior esegeta di Galvani nel

sequenze sperimentali annotate nel taccuino ed esposte nella dissertazione latina, con particolari sottolineature e omissioni misurate alla competenza già profonda dell'interlocutore circa la fisiologia della torpedine. Verso la fine dell'anno Volta, con ripetute lettere ai suoi corrispondenti in Europa, fa conoscere prove cruciali a favore della propria teoria del contatto dei conduttori; un tentativo di compromesso finisce per radicalizzare ancora di più le posizioni e il fisico comasco torna ad avere il sopravvento.

Privati. Galvani non risponde più. Si è rifiutato di obbedire alla legge del 26 ventoso che impone il giuramento di fedeltà alla repubblica e il 28 aprile è privato dell'insegnamento e dello stipendio. S'è fatto terziario francescano ed è andato ad abitare a casa del fratello. Muore il 4 dicembre 1798, a sessantun anni.

Il *Taccuino*³¹ ha una sua vicenda particolare. Tra le carte che Giovanni Aldini consegnò all'Archiginnasio bolognese nel 1835 il *Taccuino* non c'era. Gherardi poté ricopiarlo ma non possederlo nel 1868, e già le tavole illustrative degli esperimenti erano andate perdute. Per una serie di coincidenze fortunate e di ricerche discrete riapparve dall'Inghilterra dove lo conservava una discendente di Galvani. Fu consegnato ad

³¹ Il *taccuino di Luigi Galvani*, riproduzione in fac-simile dell'autografo conservato nella biblioteca dell'Archiginnasio di Bologna, a cura del Comitato per la celebrazione del II centenario della nascita di L. Galvani. Zanichelli 1937. Sull'opera del curatore, Albano Sorbelli, il comune di Bologna e la Deputazione di Storia Patria per le province di Romagna hanno tenuto un incontro di studi nel dicembre 1994, a cinquant'anni dalla morte.

Albano Sorbelli che ne curò la pubblicazione nel 1937, l'anno in cui a Bologna si tennero importanti celebrazioni galvaniane per il duecentesimo dalla nascita. L'originale si trova nella biblioteca dell'Archiginnasio di Bologna e una copia del '37, per chi non si accontenti di quella che qui viene riproposta, nella biblioteca Antonelliana di Senigallia.

II.
LA TORPEDINE E GLI SPIRITI ANIMALI

Le torpedini che Galvani poté sottoporre a esperimento erano probabilmente della specie *marmorata*, il più frequente nel Mediterraneo delle tre che vi sono presenti: le due *Raja torpedo* secondo Linneo, l'una detta *Torpedo ocellata* per le macchie rotonde o ovali come occhi, cinque di solito, disposte sul dorso in forma di pentagono, azzurre sottilmente bordate di nero e cerchiata di un alone chiaro; l'altra *Torpedo marmorata*, variamente chiazzata di bianco e marrone, indicata anche come *Torpedo galvanii*; la grande *Torpedo nobiliana*, nera, rara e dalla scarica potente¹.

È un pesce ben conosciuto dai tempi più antichi e

¹ Ord. Raiformi: fam. *Torpedinidae*; gen. *Torpedo*. Le specie presenti nel Mediterraneo sono tre:

Nome italiano: *Torpedine ocellata*. *Torpedo torpedo* (Linneo 1758); *Raja torpedo* (Linneo 1758); *Torpedo narke* (Delaroche 1809); *Torpedo ocellata* (Rafinesque 1810); *Torpedo narce* (Nardo 1827); *Torpedo oculata* (Davy 1832); *Narcacion torpedo* (Garman 1913).

Nome italiano: *Torpedine mazzata*. *Raja torpedo* (Linneo 1758); *Torpedo marmorata* (Risso 1810); *Torpedo galvanii* (Risso 1810); *Torpedo immaculata* (Rafinesque 1810); *Torpedo vulgaris* (Fleming 1828); *Torpedo diversicolor* (Davy 1834); *Torpedo picta* (Lowe 1843); *Torpedo trepidans* (Valenciennes 1843); *Narcacion marmoratus* (Garman 1913).

Nome italiano: *Torpedine nera*. *Torpedo nobiliana* (Bonaparte 1835); *Torpedo walshii* (Thompson 1840); *Torpedo hebetans* (Lowe 1841);

dispone di una letteratura ragguardevole. Torpedini, in prevalenza della specie *ocellata*, compaiono spesso nelle figurazioni antiche della fauna marina, in ceramiche attiche e in mosaici di età ellenistica e protocristiana²: per l'aspetto icastico, o per completezza tassonomica, o per la facile frequentazione di questo pesce presso le coste mediterranee.

L'effetto di stordimento che provoca la rende insieme curiosa e familiare. Platone la porta a esempio in un dialogo: "*Caro Socrate*", fa dire a Menone, "*mi hai stregato; ho la testa piena di dubbi. Vorrei dire, se mi consenti la battuta, che mi sembri per l'aspetto e tutto il resto quel pesce di mare, piatto, che si chiama torpedine, che stordisce chiunque s'avvicini e lo tocchi*"³. *Narche, torpore*, è il nome greco della torpedine, che deve il suo nome latino *torpedo* appunto al torpore che provocano le scosse che trasmette.

Gli antichi sembrano conoscere piuttosto bene il suo comportamento. "*La torpedine stordisce le prede di cui vuole impadronirsi catturandole con l'insidia che ha in corpo, e se ne ciba...È ben noto che essa provoca stordimento anche nelle persone*"⁴. Questa pro-

Torpedo occidentalis (Storer 1843); *Torpedo nigra* (Guichenot 1850); *Tetranarce occidentalis* (Gill 1861); *Narcacion nobilianus* (Garman 1913); *Tetranarce nobiliana* (De Buen 1935).

2 Mosaico di modello ellenistico al Museo Nazionale di Napoli; mosaico pavimentale della villa romana di Piazza Armerina, tra i più famosi. In questo libro è riprodotto un mosaico pavimentale di ambiente adriatico, raffigurante la storia di Giona nella basilica altocristiana di Aquileia. *Torpedo ocellata* vi figura ripetutamente.

3 Platone, *Menone*, 80.

4 Aristotele, *Storia degli animali*, IX, 3,7.

prietà suscita meraviglia. "*Le braccia che la toccano, per quanto robuste, perdono le forze, e restano immobilizzati anche i piedi più veloci*"⁵.

È buona da mangiare. Ippocrate iscrive la torpedine tra i pesci commestibili⁶; Galeno la trova gradevole, "*carne molle e tenera*"⁷ e Plinio ne apprezza soprattutto il fegato, delizioso⁸. Tra i moderni Rondelet sconsiglia la torpedine sulla tavola⁹; Cetti rammenta che in Sardegna, dove studia l'animale, la sua carne non è molto cosiderata, ma lui non la disdegna affatto: "*piuttosto che carne sembra essere una delicata gelatina la quale fritta diviene un mangiare leggero e sano*"¹⁰. Pareri discordi e nell'insieme non troppo entusiastici, non lontani da quelli di oggi, che trovano la carne di torpedine "*molle e scipita, tuttavia non disgustosa*"¹¹.

Gli antichi in compenso impiegavano la torpedine in medicina. Sempre Ippocrate la consiglia arrostita a chi è affetto da "*quella sorta di idropisia che proviene da ostruzioni di fegato*"¹²; in generale come cibo essa ha proprietà lassative¹³. Scribonio Largo, medico del-

5 Plinio, *Storia Naturale*, XXXII, 2.

6 Non ho preso contatto col testo ippocrateo; lo trovo citato in Buffon, *Storia naturale dei pesci*, curata da Bloch, tomo XXXIII, p. 252, ed. Batelli, Firenze 1835.

7 Galeno, *De facultate animalium*, I, 3,36.

8 Plinio, op. cit., XXXII, 2.

9 Rondelet, *De piscibus*, I, 358.

10 Citato in Brehm, *Animali*, alla voce *Torpedine*, vol. VIII, p. 531.

11 A. Palombi, M. Santarelli, *Gli animali commestibili dei mari d'Italia*, Hoepli 1979.

12 V. n.6.

13 Plinio, op. cit., XXXII, 33.

l'imperatore Claudio noto ipocondriaco, e Dioscoride la collocano sulla testa del paziente per curare emicrania ed epilessia, specie di primitivo elettroshock; altri consigliano di applicarla alla pianta dei piedi per calmare la febbre, rimedio crudele ma di sicura efficacia¹⁴. Sistemata sull'ano trattiene i prolassi intestinali¹⁵; se viene catturata quando la luna è nella costellazione della Bilancia, tenuta per tre giorni all'aria aperta, poi ingerita favorisce il parto¹⁶.

Ma è la capacità di dare il torpore che muove la curiosità. Essa viene interpretata come stordimento, paralisi, immobilità piuttosto che come scossa. Ci si domanda come questa capacità venga esercitata: "Con l'odore, o con qualche effluvio del corpo"¹⁷ e come si trasmetta: "col contatto, e anche da lontano, se è toccata con un'asta o con una verga". Questo assicura Teofrasto, allievo di Aristotele, mentre Tifilo osserva che non tutte le parti del pesce sono indistintamente dotate della proprietà di intormentire¹⁸. Nessuno però meglio di Oppiano descrive l'organo che trasmette il torpore, e in versi per giunta:

*"...a costa son gemelle acute mazze
le quai s'alcun con l'appressarsi tocca
tosto il vigor gli ammorba delle membra..."*¹⁹

Il riferimento all'effetto di stordimento trasmesso

14 Plinio, op. cit., XXXII, 36

15 Plinio, op. cit., XXXII, 31.

16 Plinio, op. cit., XXXII, 2.

17 Plinio, ivi.

18 Brehm, op. cit., p. 253

19 Oppiano, *Alieticon*, II, 6; il brano, parzialmente riportato in tradu-

anche senza contatto diretto ricorre frequentemente. Erone di Alessandria però corregge Teofrasto precisando che esso viene comunicato attraverso il ferro, il rame e altre materie solide²⁰.

Si tratta spesso di esperienze raccolte dalle testimonianze dei pescatori: "Chi tocca la rete in cui sia stata catturata una torpedine è preso da un totale stordimento"²¹. Questo potere viene anzi ingigantito e dotato di proprietà quasi di contagio: "Se si mette una torpedine viva e gestante in una vasca e si versa dentro acqua di mare, quella partorirà a tempo giusto. Se si versa la stessa acqua sulla mano o sul piede di un uomo, queste membra immancabilmente si irrigidiscono"²². Se poi,

zione italiana, è tratto da Oppiano, *La caccia e la Pesca*, trad. di Anton Maria Salvini, Venezia 1844:

*"Come la tremola, o torpedin tenera
accompagna rimedio in difesa
da natura insegnato, in proprie membra;
ch'è morbida nel corpo, e tutta frate;
e stupida e gravata da lentezza;
né di scorderla già notar divesti,
ch'ella s'aggira per occulte vie,
là per l'acqua canuta serpeggiando;
ma a lei ne lombi inganno, ch'è fortezza
della viltà, piantate quinci e quindi
a costa son gemelle acute mazze,
le quai s'alcun coll'appressarsi tocca,
tosto il vigor gli ammorba delle membra,
e dentro il sangue si raggiglia, e ghiaccia,
né muover la persona ei punto puote;
ma dolcemente intormentisce, e fuore
con stupido torpore esce la forza.
Questa ben conoscendo quale ell'ebbe
premio da' Dei, sen sia così col corpo
sull'arena supin, bella e distesa,
e immobil giace come morta; e quale*

*pescce s'avvien ne' lombi, si discioglie,
e così casca in un pesante sonno
legato, non potendo far più nulla:
velocemente ella ne balza suso
(benché presta per altro ella non sia)
per la gioia, e così vivo il divora.
Spesso qual morta per l'onda incontrando
pesci notanti, spense la veloce
lor voga, e furia, col toccargli presso,
e li legò nella medesima fretta;
secchi s'intirizziro, e senza possa,
né sovvenne ai meschini o strada o fuga;
e quella stando ferma fa banchetto
di loro, che non fanno alcuno schermo,
d'uomo affannato, e che fuggir desia,
balza il cuor fuori, e mentre ei si sbatte,
e s'affretta, gli grava le ginocchia
qual sodo che non può scuoter legame:
tal torpedin pastoia inventò ai pesci".*

20 Brehm, op. cit.

21 Eliano, *De animalium natura*, IX, 14.

come vuole Plutarco, si versa acqua sul corpo del pesce dopo averlo pescato, si prova l'effetto noto di torpore²³: cosa difficile da spiegare per lui, che paragona l'azione della torpedine alla puntura delle frecce. Infatti trascura di far notare che il getto debba essere continuo.

Avicenna rinnova le osservazioni circa la propagazione del torpore e le trasmette a beneficio del medioevo e della prima modernità. *Alahade* è la torpedine. Ebbene "*Alahade stordisce le membra pur non toccandole direttamente. È stato scritto, ed è stato anche confermato sperimentalmente, che questo genere di pesci quando viene catturato nelle reti rende insensibili le mani dei pescatori che si avvicinano per tirarle a riva*"²⁴.

Gli studiosi dell'*âge classique* diedero descrizioni accurate della torpedine nei libri di storia naturale e di ittiologia in particolare: i testi di Aldrovandi, Rondelet, Charleton, Bellon, Salvianus e altri portano anche minuziosi disegni di questo pesce²⁵. Tuttavia non si è ancora del tutto certi che esista davvero questo potere di dare il torpore; i pareri restano contrastanti perché alcuni ne portano la descrizione oltre ogni limite di credibilità²⁶ mentre altri, pur cercando in

22 Eliano, *ivi*.

23 Brehm, *op. cit.*

24 Andrea Alpago, *Interpretatio arabicorum nominum in huiusce Avicennae libris continetur*, 1544, in *Il canone di Avicenna*, UTET 1991.

25 Aldrovandi, *De piscibus*; Rondelet, *De piscibus*, *cit.*; Charleton, *Pisces*; Bellon *De aquatilibus*; Salvianus, *De aquatilibus*; Rai, *Ichtiologia*; Synop., *Pisces ecc.*

26 La *Storia Naturale* di Buffon-Bosch, *cit.* riporta la credenza per

determinate circostanze il contatto, non ne hanno riportato alcuna sensazione. Questo può avvenire per le condizioni di scarsa vitalità della torpedine sottoposta a osservazione e anche perché, farà osservare il Buffon, "*la torpedine non produce sempre commozioni*", e "*quando è tranquilla, puossi talora maneggiare assai lungo tempo senza risentirne effetto veruno*". D'altronde quando fu messa una torpedine in mezzo ad altri pesci vivi dentro una vasca, questi non furono minimamente né intormentiti né danneggiati²⁷.

Soltanto dopo gli studi di Lorenzini, Redi e Borelli ogni dubbio sull'esistenza di un effetto scuotente o paralizzante della torpedine cade definitivamente. Sono soprattutto i medici a interessarsi di questo strano pesce, per la loro disposizione verso lo studio anatomico e per le speciali proprietà che gli vengono attribuite nella terapia. Del resto furono i medici i primi studiosi moderni dell'elettricità; ma nonostante il *De Magnete* di William Gilbert e il suo elettroscopio fossero noti fin dal 1600, non fu affatto semplice stabilire un collegamento tra la *virtù* della torpedine e l'elettricità. Gesner all'epoca parlava ancora di veleno: "*L'asta che tocca la torpedine si avvelena e comunica alla mano dell'uomo che la regge il suo filtro velenoso*"²⁸.

Francesco Redi, medico, poeta del vino e gran sperimentatore, dissipa antiche credenze, dà una descri-

cui la torpedine potrebbe dal fondo del mare dare la scossa ai marinai di un vascello che venga a passarle sopra.

27 Brehm, *op. cit.*

28 Brehm, *ivi*.

zione minuziosa e isola l'organo del torpore, ma non fa alcun accostamento al fenomeno elettrico. "Questa torpedine della quale io vi favello, fu presa il giorno 14 di marzo 1666...Vollì allora osservarne l'interna fabbrica. Crede Ulisse Aldrovando che il fiele impastato in qualche membro del nostro corpo v'introduca il tremito e la torpidezza: ma con la prova m'accorsi che era vano il suo timore. Vana similmente crederei l'opinione di Plinio e Galeno, i quali tennero che lo stesso fiele avesse virtù di rendere floscio e senza forze quel corno col quale (come disse il nostro Boccaccio) cozzano gli uomini...Tutto lo spazio della torpedine che è situato tra le branchie e la testa e dove sono collocate tra il luogo le pinne, sino alle estremità anteriori di tutto il corpo di essa torpedine, è occupato da una sostanza fibrosa, molle, bianchissima, le fibre della quale son grosse quanto una grossa penna di cigno, e son corredate da' nervi e da' vasi sanguigni. I capi o le estremità di queste fibre toccano la pelle del dorso e del petto; e tutte insieme formano due corpi, o muscoli che sieno, di figura falcata...Mi parve allora che in questi due corpi o muscoli falcati risiedesse, più che in verun'altra parte, la virtù dolorifica della torpedine"²⁹.

La cautela, la cura descrittiva di Redi è quella tipica del galileismo che guida l'Accademia del Cimento. L'osservazione minuziosa, il controllo degli strumenti, l'oggettività erano una via sicura per difendere il filo-

²⁹ Francesco Redi, *Esperienze intorno a diverse cose naturali, e particolarmente a quelle che ci son portate dall'Indie*, Firenze 1671.

sofo dalla tentazione di vedere nella verità quell'immagine che di essa ha già in mente. Redi diffida di quello che non può constatare di persona: resta dubbioso, per esempio, "se sia il vero che la virtù della torpedine operi ancora da lontano", anche se è disposto ad ammettere che "quando la torpedine è in mare, e che è vigorosa, e tutta piena della sua propria virtù, non dissipata dalla vicinanza della morte, ella produce quegli effetti che son mentovati dai pescatori"³⁰. In ogni modo una spiegazione circa la causa e il modo di operare della virtù della torpedine Redi ce l'ha. Ritene, in accordo con altri studiosi del suo tempo³¹, che un'infinità di corpuscoli escano continuamente dal pesce, più o meno abbondanti secondo le circostanze. Come il fuoco emana una quantità di corpuscoli adatta a riscaldarci, allo stesso modo la torpedine invia corpuscoli atti a intorpidire la parte in cui si insinuano, sia perché entrano in quantità troppo grande, sia perché penetrano per vie non proporzionate alla loro dimensione.

Alfonso Borelli, cartesiano e studioso del moto animale, propende invece per una spiegazione "più di gusto dei meccanicisti"³². L'emissione di corpuscoli è pura fantasia. Per spiegare l'effetto-torpore bisogna pensare al fatto che il pesce è sì piatto, ma non com-

³⁰ Redi, *ivi*.

³¹ Perrault, Lorenzini. Parte delle informazioni circa le ipotesi non elettriche sulle cause efficienti del torpore è tratta dalla voce *torpille* dell'*Encyclopédie* di Diderot e D'Alembert, che dedica a questo pesce un'estesa trattazione di sei colonne.

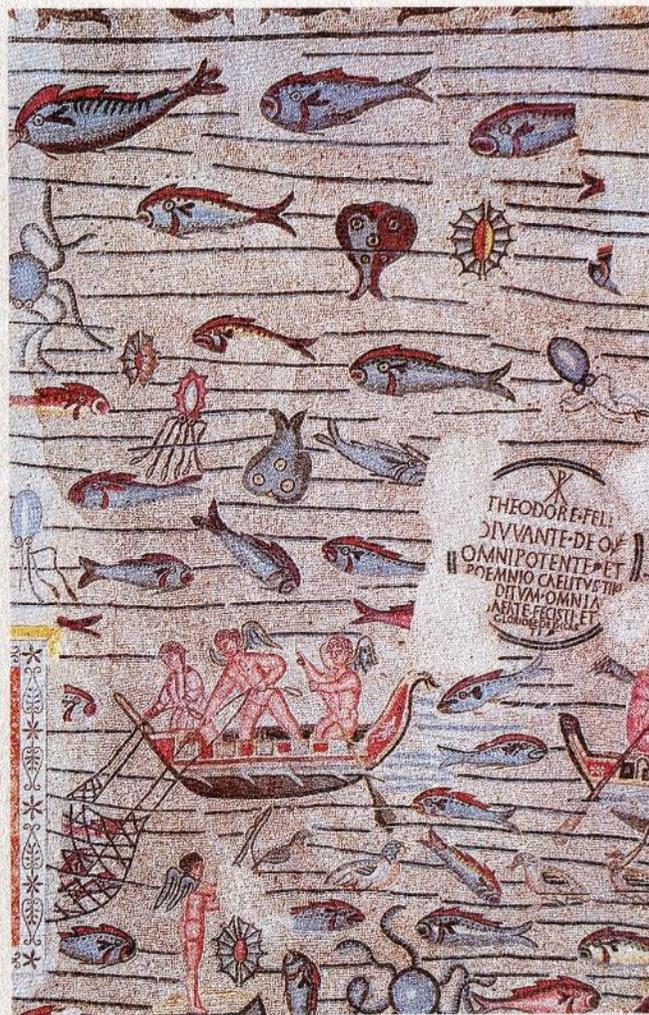
³² L'espressione è tratta dall'*Encyclopédie*, *cit.*

pletamente; il dorso è anzi convesso; quando lo si tocca la torpedine reagisce diminuendone la convessità, lo rende piatto e a volte anche concavo. Vediamo bene la superficie convessa del pesce che diventa gradatamente piatta o scavata, ma non la vediamo mai ritornare convessa: la ritroviamo così solo dopo essere stati colpiti, perché il movimento è rapido come quello di una palla di moschetto. È questo colpo secco che intorpidisce il braccio.

La conoscenza anatomica, però, nonostante le spiegazioni insoddisfacenti o fantasiose, si è fatta più precisa. Borelli descrive i due grandi *muscoli falcati* come fibre composte di tubetti cilindrici, grossi come una piuma d'oca, disposti in parallelo, perpendicolari al dorso e al ventre; informa che ciascuno di essi è diviso in 25 o 30 cellule che sono anch'esse tubetti cilindrici di base e altezza identica tra loro, fatti di una sostanza molle e bianchiccia.

Réaumur tra Redi e Borelli non sa a chi dar retta; controlla lui stesso ma non crede a nessuno scatto del dorso; rinviene tuttavia nei cilindri la stessa conformazione descritta da Borelli.

Quando, dal 1746, si ebbe a disposizione una bottiglia di Leida, non fu più possibile ignorare la grande somiglianza tra l'effetto prodotto dalla torpedine e la scarica che usciva da quel primo condensatore. Adanson, botanico francese autore di una *Histoire naturelle du Sénégal* (1757), espresse l'opinione che la scarica del siluro del Senegal potesse avere la stessa natura di quella di una bottiglia di Leida, e Musschenbroek, che per primo aveva fatto l'esperienza della bottiglia, poté formulare l'ipotesi della natura



“... un mosaico pavimentale di ambiente adriatico: la storia di Giona nella basilica di Aquileia. Torpedo ocellata vi compare ripetutamente...” (pag. 40)

elettrica del fenomeno. La torpedine e i suoi colleghi d'acqua dolce e salata, il *Malapterurus*, l'*Electrophorus*, il *Gymnotus* ottennero il comune appellativo di *pesci elettrici* e non ci fu più fisiologo o elettricista che da allora non abbia provato a interessarsene.

Alessandro Volta, ricostruendo per M.me Le Noir de Nanteuil il percorso che aveva portato gli uomini del suo tempo a parlare di *elettricità animale*, racconta come l'idea, dopo quella prima intuizione, s'era fatta strada. "*Mais une telle électricité exist-elle? Oui. on l'a trouvée dans la torpille, et dans l'anguille tremblante du Surinam, que les naturalistes appellent, d'après Linnée, Gymnotus electricus. Le premier de ces poissons a une forme aplatie et se trouve dans la Méditerranée, rarement dans l'Océan; le second est un poisson d'eau douce qu'habite les rivières du Surinam et de la Cayenne*"³³. Volta prosegue raccontando che Bayen, medico in Louisiana, eseguì esperimenti sul gimnoto. Mostrò che la scossa non si propaga dal pesce elettrico attraverso i corpi isolanti, e che una catena di persone che si tengono per mano la ricevono istantaneamente: dimostrazioni non da poco, se si pensa che non tanti anni prima, nel 1729, Stephen Grey aveva potuto dimostrare agli amici e al mondo che l'elettricità può passare da un corpo a un altro.

Walsh riprese le esperienze di Bayen e le

³³ Alessandro Volta, *Lettera a Mme Le Noir de Nanteuil*, in data 14 maggio 1782, *Le Opere di Alessandro Volta*, ed. Nazionale 1919-1929, parzialmente riprodotta in *Opere scelte di Luigi Galvani*, a cura di Gustavo Barbensi, cit.

approfondì a La Rochelle (1760) fino a concludere che la testa e la coda del gimnoto, il dorso e il ventre della torpedine hanno due stati di elettricità, così come Franklin spiegava accadere nella bottiglia di Leida tra la superficie interna e quella esterna. Riuscì perfino a ottenere una scintilla mettendo a contatto le estremità di un'anguilla elettrica, ma dalla torpedine non ottenne che scosse e *commozione*.

Anche Cavendish (1776) confermò queste esperienze e diede spiegazioni di come la torpedine possa trasmettere la scossa immersa in un corpo conduttore come l'acqua del mare senza disperderla. Costruì anche un *automa*, secondo un costume diffuso ai suoi tempi, una torpedine artificiale formata dall'assemblamento di alcune bottiglie di Leida, che fece funzionare utilizzandone la forte carica di elettricità mentre era immersa nell'acqua. Lo stesso Spallanzani, il migliore osservatore d'Europa secondo Voltaire e amico di Galvani, ne ebbe due a disposizione e vi condusse prove in parte nuove "*non per contraddire la teoria dei due diversi stati di elettricità scoperti sulla torpedine dal sig. Walsh*", precisava, "*ma per sottometterla al giudizio dei fisici, che coltivano questo ramo nascente di sperienze fisiologico-elettriche*"³⁴.

Sull'animale l'interesse di fisici e fisiologi si fondeva in una comune osservazione. Trasmettendo fluido elettrico a un arto attraverso i nervi si erano già ottenute contrazioni del muscolo. In generale l'elettri-

34 Lazzaro Spallanzani, in Buffon-Bloch, cit..

cità sembrava avere una grande influenza sugli organismi viventi e prometteva meraviglie nella terapia. Erano sorte scuole mediche che ponevano l'elettricità al centro di loro teorie della vita e della malattia e queste teorie trovavano immancabili conferme nell'applicazione (in mancanza di benefici visibili si raccomandava molta perseveranza). Questo anzi aveva scatenato una vera mania delle applicazioni elettriche. Secondo alcuni elettropatologi la salute risiedeva nell'equilibrio delle forze vitali e la malattia proveniva dalla rottura di quell'equilibrio; per altri, tra i quali Galvani, la patologia insorgeva quando il fluido non fluiva nel modo dovuto a causa di un contorcimento dei canali nervosi o per una aumentata vischiosità. Si poteva quindi intervenire stimolando elettricamente i nervi in modo da ripulire i canali e rimuovere i ristagni³⁵.

Ma cos'erano poi queste forze vitali? L'idea che esistesse un fluido che circola all'interno di ogni essere animale e che presiedesse alle funzioni vitali era pervenuta dall'antichità all'età moderna col nome di *spiriti animali*³⁶. L'*Encyclopédie* di Diderot e D'Alembert propone degli spiriti animali questa defi-

35 Pera, op. cit. p. 25.

36 "*Lo spirito della vita, lo quale dimora ne la secretissima camera de lo cuore...Lo spirito animale, lo quale dimora ne l'alta camera ne la quale tutti li spiriti sensitivi portano le loro percezioni...Lo spirito naturale, lo quale dimora in quella parte ove si ministra lo nutrimento nostro*"; Dante, *Vita nuova*, II, 4, 5, 6.

nizione, alla voce *esprit*, una delle quattro curate personalmente da Voltaire: "*On dit esprits animaux, esprits vitaux, pour signifier ce qu'on n'a jamais vu, et ce qui donne le mouvement et la vie. Ces esprits, qu'on croît couler rapidement dans les nerfs, sont probablement un feu subtil. Le docteur Méad est le premier qui semble en avoir donné des preuves dans la préface du traité sur les poisons*"³⁷.

"Mai visti", "si crede", "probabilmente": Voltaire non si fida troppo di questo fluido inafferrabile, anche quando "sembra" che ci siano le prove della sua esistenza. Un fuoco sottile è un'entità incerta, sospesa tra gli opposti di sostanza materiale ed essenza spirituale. Nel soffio (*psychè*) dei greci possono coesistere sia l'anima soprasensibile di Platone, che l'anima tripartita che Aristotele chiama a dar ragione della vita e delle sensazioni. Lisci, sottili, sferici, ignei sono gli atomi dei quali è fatta l'anima di Democrito. È un alito, "pneuma psichico", "l'organo dell'anima" di Galeno, prodotto e immagazzinato nei ventricoli del cervello, che presiede al movimento e alla vita.

La localizzazione delle facoltà cerebrali, ipotizzata e messa alla prova con esperienze dall'antichità e accolta da Nemesio e Agostino crea nei ventricoli spazi specializzati per accogliervi l'anima e avvia un'identificazione tra anima e funzioni psichiche che perdura anche oggi nel linguaggio comune. L'idea di un'anima immateriale, illocale, immortale, giunta al

³⁷ *Encyclopédie*, op. cit..

cristianesimo dal platonismo, coesiste, con alterne vicende, con quella di un'anima le cui facoltà possano spiegare le funzioni vitali. Esse conducono un'esistenza parallela nella quale ciascuna tende a farsi metafora dell'altra: spirito che cola, fuoco che sale. I termini primi di un'aporia irriducibile sono già delineati quando si cerca di mettere in contatto il soffio della vita col tentativo di spiegare le funzioni vegetative.

A volte si ondeggia: "*Noi preferiamo dire*", rassicura Cassiodoro, "*per non incorrere in alcuna empietà, che l'anima è una luce, perché è immagine di Dio*". Con pronti ripiegamenti sul più tattile principio del fuoco: "*Questo fuoco mortale tende sempre verso l'alto, e poiché possiede una natura sottilissima, aspira senz'altro ai luoghi superiori*". Per questo "*il capo è la sede dell'anima*"³⁸.

Gli spiriti vitali sono appunto il luogo nel quale possono coesistere senza scontrarsi le idee opposte e insofferenti di un'anima spirituale e insieme motrice, perché le metafore di luce, fuoco, aura, fluido ne dominano l'immagine e il lessico e le assimilano per indicare entità di confine. Questo può avvenire perché l'anima immanente, pur disponendo di una cuspidine intellettuale di origine divina, non si affranca dai suoi simulacri: ha bisogno di un luogo che possa contener-

³⁸ Cassiodoro, *De Anima*, X, 2. Il fuoco è, nella fisica di Aristotele, il più leggero dei quattro elementi che, dotati di materia e di forma, compongono il *misto*, ossia ogni corpo fisico. La luce, che in Aristotele è una *quinta essenza*, materia fluida e sottile, nel neoplatonismo è una manifestazione con la quale il divino comunica col mondo fisico.

la. "Il corpo è un vaso che contiene l'anima" e "il vaso è costruibile, costituisce un modello di legami fluidi"³⁹.

La comprensione della funzione dei nervi, che procede da Erofilo ed Erasistrato di Alessandria che per primi li avevano distinti dai vasi sanguigni, a van Leeuwenhoek che nel 1718 li osserva al microscopio, è influenzata da quel modello fino a stravedere nei nervi dei condotti perché gli spiriti vitali possano fluirvi dentro.

Cartesio introduce una prima separazione: i due principi sono collocati in sfere differenti e aggiogati mediante lo snodo della ghiandola pineale. Qui, nell'uomo-macchina, si connettono l'io pensante con "le parti...più vive, più forti e sottili del sangue...simili a un vento o a una fiamma sottilissima"⁴⁰. Il tentativo è ardito, perché estremamente difficile è che lo spirito muova il corpo, dato che non ha parti materiali⁴¹. E ammettendo pure che possa farlo, la teologia non

39 Michel Serres, *Lucrezio e l'origine della fisica*, Sellerio 1980.

40 Cartesio, *L'uomo*, Laterza 1969.

41 Nicolas Malebranche, *Colloqui sulla metafisica e sulla religione. Settimo colloquio*, XIII, Zanichelli 1963: "Gli spiriti animali non sono in definitiva che corpi, per quanto piccoli possano essere, non essendo che la parte più sottile del sangue e degli umori. C'è soltanto Dio dunque che possa muovere questi piccoli corpi: lui solo può e sa farli passare dal cervello nei nervi, dai nervi nei muscoli, da un muscolo determinato al suo antagonista; tutte cose che sono necessarie al movimento delle nostre membra. Nonostante l'unione più stretta che volete dell'anima col corpo, eccovi dunque privo di vita e di movimento, a meno che Dio voglia accordare le sue volontà con le vostre". Malebranche accetta la dottrina cartesiana degli spiriti animali: "Queste parti sottilissime del sangue sono agitate da un movimento rapidissimo, come le parti della

ammette che lo faccia negli animali, perché non hanno anima immortale. Privati dell'anima, gli animali-macchina non hanno neanche le sensazioni, che da essa derivano. Ai cani vivisezionati nei laboratori di Port-Royal non è attribuita alcuna facoltà di provare dolore⁴².

Le spiegazioni biologiche di Cartesio non reggono, ma il programma di studiare la sensazione e il movimento in termini puramente fisici prende avvio. È una progressione, non un rivolgimento; è un processo di arretramento e di "svalutazione storica dell'anima"⁴³ che porta progressivamente ad espellerla dal campo di osservazione dei fisici. Da una parte essa viene rispinta dentro il cervello, nei ventricoli, poi nella corteccia, poi fuori del tutto; dall'altra il fluido circolante

*fiamma di una fiaccola; in tal modo gli spiriti animali non si fermano in nessun luogo e via via che ne entrano dei nuovi, nelle cavità del cervello, altri anche ne escono attraverso i pori che si trovano nella sostanza cerebrale, e tali pori li immettono nei nervi e poi nei muscoli, muovendo così il corpo, in tutti i vari modi in cui può essere mosso"; *Traité des passions*, trad. it. E. Garin. Laterza 1954, p. 10.*

42 "ARISTO. Ma il cane sente dolore!

TEOTIMO. No certamente, se non ha un'anima. Il dolore infatti non può essere una modificazione della materia.

ARISTO. Tuttavia ulula, guaisce: prova sicura che soffre.

TEOTIMO. Prova sicura che ha dei polmoni, e che l'aria ne esce con violenza per il movimento del diaframma".

(Malebranche, *Colloqui sulla morte, Primo colloquio*). Ma Voltaire, ostile a ogni tipo di dogma, si oppone con sarcasmo alla tesi secondo la quale gli animali sarebbero soltanto ingranaggi privi d'anima e di coscienza. "Rispondimi, meccanicista", scrive alla voce *Bêtes* del *Dizionario Filosofico*, "può la natura aver posto tutte le sorgenti delle sensazioni in questo animale, e poi aver fatto in modo che esso non ne provi alcuna?"

43 Jean Pierre Changeux, *L'uomo neuronale*, Feltrinelli 1983.

si trasforma da etere e fuoco in fluido nerveo e in elettricità⁴⁴.

Sono percorsi di separazione della fisica da ciò che non le compete, che attraversano tappe sulle quali temporaneamente i sistemi ricompongono la loro unità e coerenza. Non senza resistenze però: la scolastica si rassegna più facilmente alla resa di fronte al sistema copernicano che non alla materializzazione della funzione nervosa⁴⁵.

Esistevano già da tempo “*congetture e ipotesi puramente ideali di alcuni Fisiologi riguardo ad una qualsiasi elettricità animale*” - è ancora Volta il cronista eccellente di quegli attardamenti, di queste transizioni - ma erano idee vaghe, indeterminate. “*Quelli tra i Fisiologi che concepirono la cosa più vagamente e in astratto, si contentavano di riguardare i supposti Spiriti animali, o fluido nerveo, destinati, giusta l'opinione più ricevuta, a portare le esterne impressioni al sensorio comune, ed a produrre trascorrendo a' cenni della volontà per la via dei nervi a' muscoli di ciascun membro, la contrazione di essi muscoli e i moti che ne*

⁴⁴ Ecco come la pensa il diavolo nel 1813: “*E, di grazia, cos'è poi la sua anima? L'ha ella mai veduta? E a che le servirà quando ella sarà morto? Sia contento di aver trovato un amatore che, mentre ella è ancora in vita, vuol pagare con qualcosa di reale l'eredità di questo X, di questa forza galvanica o virtù magnetica, non so come chiamare questa stupida cosa*”; Adalbert von Chamisso, *La storia meravigliosa di Peter Schlemihl*.

⁴⁵ “*Questo dell'anima sensibile non era precisamente un modo di tenere legati la metafisica, o meglio la ierocrazia, con l'universo delle conoscenze?*” Francesco Trombetta, *Ercole al bivio, Studi su Bernini e Borromini*, ed. La Madreselva, 1995.

dipendono”. Per loro gli spiriti animali non erano niente di più definito che “*un fluido sottilissimo, mobilissimo, attuosissimo di una natura analoga alla luce, all'etere, al fuoco elettrico...senza punto determinare quale fosse di codesto fluido la vera specifica natura, chiamandolo soltanto elettrico, etereo o simile, quasi per metafora*”. Questi fisiologi, dice Volta, non meritavano nemmeno il nome di sostenitori dell'elettricità animale, nonostante lo reclamassero spesso.

Ma c'erano anche persone serie che “*spingendo più in là le congetture, vollero determinatamente supporre, che gli Spiriti animali avessero non che l'indole e natura di un fluido etereo qual si fosse, ma quella proprio del fluido elettrico e giunsero quindi a dichiararli per l'istesso fluido identico*”. E Volta citava per primo De Sauvages tra costoro, che affidavano la propria convinzione “*principalmente alla somma efficacia del fluido elettrico di irritare i muscoli, la quale arriva al segno, che quand'un muscolo dell'animale già morto, oppure di qualche membro reciso, non si risente più ad un altro stimolo o meccanico o chimico, allora poco fluido elettrico...è valevole a ravvivarlo*”. Ne concludevano quei fisiologi che “*trovandosi il fluido elettrico il più efficace tra tutti e sovrano agente per l'irritazione e moti de' muscolari, fosse più che probabile che di esso appunto si valesse la natura a tal uopo nell'animale economia...Così dunque presumevano che fosse universale a tutti gli animali una naturale innata elettricità, cioè il potere di sbilanciare al di dentro, se non al di fuori, il fluido elettrico proprio degli organi medesimi non già ristretta tal facoltà ad*

alcuni pesci singolari, ed anche in questi limitata all'unico oggetto di scuotere o tramortire chi s'imbatte in loro".

Tuttavia c'erano spesse obiezioni da superare, oltre alla antica diffidenza di von Haller contro l'assimilare irritabilità ed elettricità e l'affermare che il moto muscolare fosse non solo stimolato ma addirittura provocato dall'elettricità. Una era che gli animali *"non davano alcun indizio esteriore di vera elettricità, nessuno dei consueti segni, a cui questa si riconosce, eccetto che per quei pesci sopra nominati che danno la scossa"*, così che *"essendo siffatta virtù soltanto di alcuni pesci singolarissimi e d'altra parte sembrando dipendere da un apparato d'organi particolare, come l'anatomia di tali pesci lo fa vedere, ed essere in balia dei medesimi il dare e non dare questa scossa, non si teneva comunemente, né v'era ragione di pensare, che un gioco simile d'elettricità avesse tanta parte nelle funzioni animali di tutti gli altri esseri viventi, né quali nulla scoprivasi dell'accennata virtù"*⁴⁶.

In effetti l'elettricità offriva un'analogia irresistibile verso gli spiriti vitali e una propensione a incarnarli come nient'altro, ma fornirne le prove non sembrava affatto facile. Galvani, che una grande serietà di ricercatore separava nettamente dalla schiera di molti suoi colleghi, s'era messo a lavorare attorno all'ipotesi dell'identità dei due fluidi, quello elettrico e quello

⁴⁶ Alessandro Volta, *Memoria prima sull'elettricità animale*, *Opere di Alessandro Volta*, op. cit.

vitale, in un unico fluido nerveo-elettrico che presiedesse all'economia di ogni animale. La torpedine aveva offerto per prima l'indizio; uscita dal libro delle curiosità, si poneva ora come esempio vistoso dell'esistenza di un'elettricità animale. Anche troppo vistoso: civetta di una suggestione che si fa ricerca, rischiava di chiudere con la sua singolarità quei varchi che da tempo aveva aperto. Si doveva invece cercare negli altri animali, nei quali non apparisse alcuna manifestazione elettrica visibile, le prove dell'esistenza di un circuito elettrico. Per questo Galvani si recava spesso nella sua casetta rustica di Ozzano Emilia ad acchiappare rane.

L'altra obiezione, ben espressa dalle parole di Felice Fontana, fisiologo attivo nell'ambiente fiorentino, riguardava la difficoltà di impiantare un programma di investigazione delle forze vitali, che egli comunque delineava con bella chiarezza. *"Non seulement le mécanisme du mouvement est inconnu, mais nous ne pouvons même rien imaginer qui puisse l'expliquer, et il semble que nous soyons forcés de reconduire à quelque autre principe, si non à l'électricité ordinaire, à quelque chose du moins fort analogue à l'électricité. Il peut être encore plus modifié dans les nerfs qu'il ne l'est dans la torpille et dans les gymnotes. Les nerfs seroient les organes destinés à conduire le fluide, et peut-être à l'exciter; mais tout reste encore à faire. Il faut auparavant s'assurer par des expériences certaines si le principe électrique a vraiment lieu dans les muscles qui se contractent, il faut fixer les lois qu'observe ce fluide dans le corps animal, et après tout cela il restera encore à savoir comment s'excite ce princi-*

pe. *Que de choses incertaines pour la posterité*"⁴⁷.

Quando Fontana delineava le tappe di questo programma tanto complesso che non riteneva capace il suo tempo di assolvervi, Galvani si era già imbattuto nelle contrazioni a distanza della rana e stava già ponendovi mano. "Comeché non pochi anatomici", scriveva in apertura di un *Saggio sulla forza nervea e sua relazione con l'elettricità*, "hanno creduto che il fluido elettrico o componga quel fluido qualunque sottilissimo, che non senza ragione si crede scorrere pe' nervi, o sia desso il medesimo fluido nerveo, così credetti non inutile cosa il fare su de' medesimi nervi vari esperimenti col fluido elettrico, sperando che da essi il vero sarebbesi scoperto, o almeno qualche lume sull'oscurità in cui giacciono li fenomeni de' nervi, sarebbesi diffuso"⁴⁸. Che esista un'elettricità naturale in alcuni animali come la torpedine "non è una novità", ma "il fatto che nei nostri animali non si produca la stessa scossa", afferma Galvani rassicurando indirettamente l'incredulità di Volta, "non autorizza a negare la duplice elettricità della quale abbiamo parlato, la scossa è un altro segno della duplice, e contraria elettricità, ma non è l'unico"⁴⁹.

Il corso degli esperimenti consente poi a Galvani di volgere in positivo quelle affermazioni. Le prove che

47 Felice Fontana, *Traité sur le venin de la vipère*, Firenze 1781, in *Opere scelte di Luigi Galvani*, op. cit., p. 110.

48 Luigi Galvani, *Saggio sulla forza nervea e sua relazione coll'elettricità*, 25 novembre 1782, in *Opere scelte*, cit., p. 123.

49 Luigi Galvani, *Electricitas animalis*, trad. italiana *L'elettricità naturale*, 16 agosto 1787, in *Opere scelte*, cit., p. 194.

egli ritiene di rinvenire dell'esistenza di un circuito elettrico anche negli altri animali tendono a svelare quello che finora oscurava la vaghezza di un principio vitale incontrollato; fermo restando che "per spiegare l'economia animale deve ammettersi sempre, a quanto pare, l'esistenza di spiriti animali racchiusi dentro i nervi"⁵⁰, la loro natura, "finora ignota e inutilmente studiata con lunghe indagini, finalmente forse risulterà chiara", tanto che "nessuno...porrà in dubbio d'ora innanzi, in seguito a questi esperimenti, l'elettricità di tali spiriti"⁵¹.

50 Luigi Galvani, *Commentario, parte quarta, Congetture e Corollari*, in *Opere scelte*, cit., p. 297.

51 Ivi, p. 302.

III. POSITIVI ESPERIMENTI DELL'ELETTRICITÀ

Per comprendere gli esperimenti senigalliesi e riminesi sulle torpedini non si può fare a meno di conoscere le tappe principali della ricerca galvaniana attuata in prevalenza sulle rane. Il compito di richiamarle è reso piacevole dal libro di Marcello Pera che racconta la controversia tra Galvani e Volta sull'elettrogenesi con grande capacità di indagine e bravura narrativa¹.

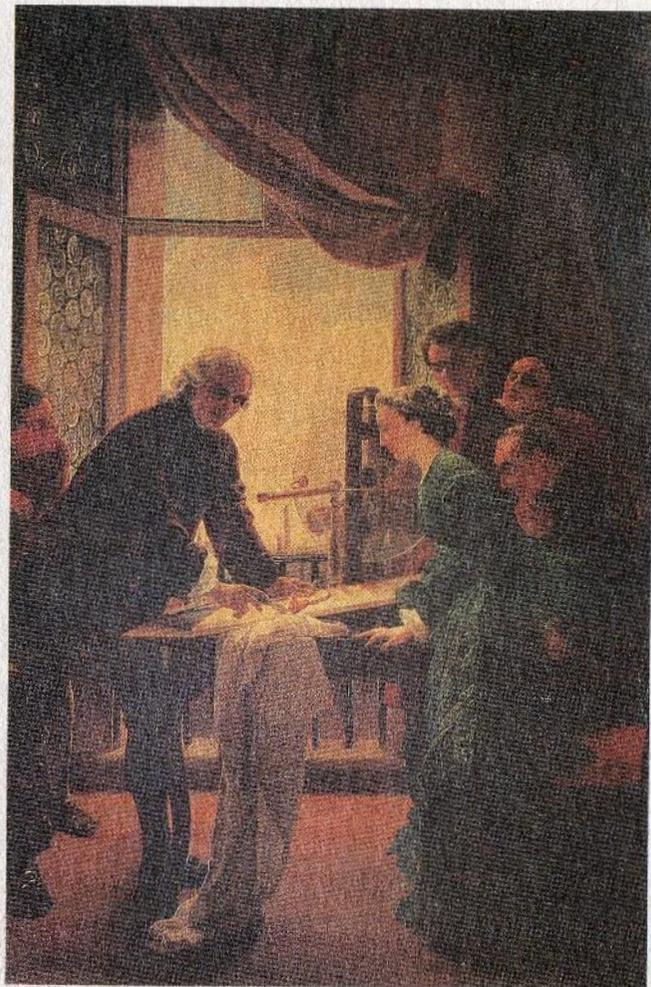
Il *primo esperimento* è dato nel gennaio 1781, quando la moglie e alcuni collaboratori del medico bolognese assistono per la prima volta al "*fenomeno meraviglioso*" delle contrazioni a distanza. Si verificano contrazioni della rana² quando qualcuno, "*moglie o*

¹ Pera, op. cit.

² "*Preparata alla solita maniera*", dice spesso Galvani; l'espressione è indizio di una consuetudine agli esperimenti sulle rane e del fatto che il "*fenomeno meraviglioso*" sia comparso sì casualmente, ma a sperimentatori esperti e pronti a riceverlo. Alle rane "*tagliate...trasversalmente al di sotto degli arti superiori, scorticate, sventrate*" vengono lasciati "*li soli arti inferiori uniti fra loro, coi loro soli lunghi nervi cruciali inseriti, e questi, o sciolti, e liberi, od appesi alla spinal midolla lasciata intatta nel suo canale vertebrale o dal medesimo ad arte tratta fuori e separata o in parte o tutta*"; L. Galvani, *Saggio sulla forza nerva e sua relazione coll'elettricità*, in *Opere scelte*, cit., p. 125.

altro”, annota Galvani candidamente confessando quanto Lucia gli sia indispensabile, la tocca con una lancetta mentre scocca una scintilla dall’elettroforo. Evento banale e ben noto a chi sa di elettricità, commentano alcuni fisici, ma a Galvani quel fatto appare come un improvviso balzo verso la conoscenza sperimentale dell’elettricità animale. Le *atmosferae elettriche*, che il fisiologo intende come fluido effluente dal generatore, non possono certamente penetrare nella rana: troppa intensità nelle contrazioni, troppa persistenza, troppa indifferenza alla distanza dalla fonte elettrica fanno pensare piuttosto a un movimento proprio dell’animale. E Galvani ha in mente una teoria, che trae da ipotesi formulate in anni recenti, capace di spiegare quel movimento: c’è un fluido nei nervi della rana, gli *spiriti animali*; quel fluido è di natura elettrica; le atmosferae elettriche investendolo lo risvegliano e questo provoca il moto muscolare. Galvani lo pensa, ma non ne è sicuro; recede per un momento dalle proprie convinzioni; vi ritorna. Varia l’esperimento in mille modi, ma il risultato che ottiene non gli pare sufficiente a provare l’esistenza di un fluido elettrico proprio all’animale.

Si aggiorna e valuta con serietà anche spiegazioni elettrofisiche: che le contrazioni a distanza non siano effetto di un moto elettrico proprio, pur attivato dall’esterno, ma del *colpo di ritorno* che si sa provocare reflussi da qualsiasi corpo elettrizzato quando la fonte venga improvvisamente sottratta o scaricata. Ma questa spiegazione, che pure ritiene ammissibile, non lo fa desistere; anzi, invitandolo alla prudenza, lo spinge a convincersi ancora di più dell’insufficienza del primo



“... Galvani s’era deciso a darne notizia quando già da un anno Lucia era morta, come se solo a quel punto avessero un senso compiuto ...” (pag. 70)

ciclo d'esperienze e a cercare prove più decisive. La sua formazione di anatomista, medico e studioso dei fenomeni della vita lo porta a cercare spiegazioni entro l'ambito del proprio sistema di idee: l'ipotesi di un fluido non intrinseco all'animale gli è estranea perché, come fisiologo, non vede nella rana un corpo fisico qualsiasi attraversato da correnti elettriche, ma un essere vivente del quale sta cercando le cause che determinano la vitalità.

Nel frattempo Galvani ha proseguito l'approfondimento del rapporto tra *forza nervea* ed elettricità e di analogie e differenze tra respirazione e attività della bottiglia di Leida³. Cinque anni dopo la fortunata osservazione, una sera d'aprile, prende avvio il secondo ciclo d'esperimenti. Galvani è con le sue rane sul terrazzo di palazzo Zamboni. Il suo interesse in quel periodo è rivolto all'elettricità atmosferica e alla sua relazione con l'organismo umano e la cura delle malattie. Tutto si svolge come previsto: all'apparire del lampo, e anche quando il lampo non appare, le rane si producono in contrazioni. Ma Galvani non trascura il fatto che questa prova sia obiettivamente una replica del *primo esperimento*, con la differenza che l'elettricità atmosferica qui sostituisce l'elettroforo.

Nel settembre successivo Galvani mette le rane alla

³ Si tratta della memoria *Dell'accordo e delle differenze tra la respirazione, la fiamma ed il fuoco elettrico uscente dal conduttore acuminate di una bottiglia di Leida caricata*, del 1783, in *Opere scelte*, cit. pp. 153 e segg. In questa memoria viene profilata quell'analogia tra le funzioni organiche e quelle della bottiglia di Leida che avrà tanta parte nell'ermeneutica delle scoperte galvaniane.

prova di un'elettricità non più soltanto "procellosa", ma anche di quella "mite e diurna", alla stessa ringhiera. Gli succede invece di osservare che quando l'uncino appeso al midollo perforato della rana tocca il ferro della ringhiera, le zampe si agitano. Potrebbero dunque essere i metalli, e non l'elettricità atmosferica, a farle muovere. Meglio allora controllare in luogo chiuso, e vedere anche se altri metalli possiedono la forza di animare le rane: ed ecco di nuovo apparire le contrazioni. Perciò, "cambiato pensiero e lo scopo della nostra indagine"⁴, Galvani torna a esaminare quali forze vengano trasmesse dai metalli e se siano di pari grado in ogni metallo. Ne conclude che esse esistono in tutti i metalli, ma che non sono di uguale intensità. Sostituendo poi ai metalli sostanze coibenti come vetro e resina, non ottiene alcuna contrazione delle rane. Dunque è l'elettricità il principio che le muove.

A questo punto Galvani varia gli esperimenti per vedere meglio come l'elettricità operi a provocare il moto. Uno di questi, il *secondo esperimento*, è particolarmente importante per definire la direzione che assumerà la ricerca galvaniana da quel momento in avanti. È costituito di due prove: L'una, *della rana saltellante*, consiste nel tenere la rana sospesa in modo da farle toccare le zampe sulla superficie di una scatola argentata o dorata. Toccata la scatola con l'altra mano fornita di un corpo metallico, la rana saltella a ogni tocco. Lo stesso non avviene se è un'altra persona a

⁴ Galvani, *Dell'elettricità animale*. 1786, in *Opere scelte*, cit. p. 164

toccare la scatola. "Meravigliati di ciò", racconta Galvani, "incominciammo a riflettere circa la causa del diverso fenomeno e si pensò che un qualche passaggio di elettricità diretta dal midollo spinale al piano metallico e da questo ai muscoli potesse essere la causa del fenomeno, non diversamente dal modo con cui nella bottiglia di Leida si ottiene un passaggio di elettricità dalla superficie esterna all'interna e viceversa"⁵.

Questa considerazione trova conferma anche nell'altra prova, *della rana saltellante su una zampa sola*: l'animale è tenuto sospeso per una zampa; il midollo spinale attraversato dall'uncino metallico tocca la scatola. Nel momento in cui l'altra zampa tocca a sua volta la scatola i muscoli si contraggono e la zampa si alza; ricade e si alza di nuovo, ripetutamente. Esiste dunque un circuito elettrico tra i nervi e i muscoli il quale, chiuso nella prima prova dallo sperimentatore e nella seconda dal contatto della zampa saltellante, azzera lo *sbilancio* con flussi di elettricità. Tale circuito opera a causa di una *doppia elettricità*, positiva e negativa. Dov'è la sede di questa elettricità doppia e sbilanciata? Sul piano della scatola metallica no: i fisici escludono, salvo l'eccezione della tormalina, la compresenza di due poli opposti nella stessa lamina.

"Risulta quindi di conseguenza che una doppia elettricità di tale specie appartenga soltanto al tronco animale, come nella torpedine"⁶. Se è così, mette

⁵ *ivi*, p. 166.

⁶ *ivi*, p. 172.

conto di provare l'esperimento in un altro modo: porre la rana su un piano coibente e collegare nervo e muscolo con un *arco conduttore* metallico. Lo stesso arco che scarica la bottiglia di Leida e il quadro magico quando se ne colleghino i poli, scarica anche l'elettricità naturalmente sbilanciata tra nervo e muscolo. A vantaggio di questa lettura non c'è solo il precedente della torpedine, ma anche la diversa sostanza di cui i nervi e i muscoli sono fatti: due conduttori anch'essi, ma niente affatto omogenei e uniformi. Il muscolo anzi è, per la sua conformazione, paragonabile a un *elettroforo animale*; è comunque capace di trattenere fluido elettrico. Al contrario l'arco metallico alla prova trasmette scosse troppo potenti in rapporto alla sua esiguità per esserne ritenuto l'attore; tra l'altro la lunghezza dell'arco sembra indebolire le contrazioni, mentre se il metallo fosse attivo le aumenterebbe. Come spiegare poi la frequenza degli scatti se il metallo non ha capacità di accumulare fluido?

Un'osservazione particolare mostra invece come le contrazioni avvengano col contatto di due metalli, rame e ferro per esempio. Galvani ha già notato il fenomeno che servirà a Volta da punto di partenza del suo percorso. "*Venni perciò nel sospetto che fosse necessario che l'uncino fosse di un metallo e l'arco conduttore di un altro e che la diversità dei metalli tra l'uncino e l'arco fosse soprattutto idonea per ottenere quei movimenti*"⁷ Ciò era "*veramente meraviglioso*",

⁷ Galvani, *Commentario*, cit.

beninteso, ma non avevano gli stessi fisici già constatato che la diversità dei metalli esercitava una notevole influenza sull'esplosione elettrica della torpedine? La diversità dei metalli dunque diventava un sostegno dell'elettricità animale, non una sua confutazione, perchè essa favoriva, non determinava le scosse.

Con la massima cura Galvani aveva preso in considerazione ogni altra ipotesi possibile come motrice di elettricità: anche che lo sbilancio del fluido fosse nel solo nervo. Anche questa però l'aveva scartata a favore di quella *nervo-muscolo*, ma con argomenti assai deboli, guidati soprattutto dalla convinzione ormai radicata che la rana fosse una bottiglia di Leida: l'omologia *nervo-conduttore e muscolo-superficie della bottiglia* non ammetteva lo sbilancio in un solo elemento.

Sulla scorta di questi esperimenti e delle assunzioni che ne ha tratto, Galvani è adesso in grado di esprimere "*opinioni e congetture*" sulla fisiologia dell'elettricità animale e sulla sua dinamica. Un'elettricità è propria di ogni animale; essa è separata nel cervello e attraverso i nervi raggiunge ogni parte del corpo; i nervi sono conformati in modo da essere conduttori all'interno e isolati con materia oleosa all'esterno. I muscoli sono i serbatoi dell'elettricità: ogni fibra muscolare ha due superfici, una positiva e l'altra negativa; col nervo che vi è collegato formano una piccola bottiglia di Leida in cui il nervo e la superficie interna del muscolo sono carichi positivamente, la superficie esterna del muscolo negativamente; l'intero muscolo è un conglomerato di piccole bottiglie di Leida. Proprio la bottiglia è un modello funzionale che suggerisce

come le contrazioni potrebbero avvenire: a causa di uno sbilancio che si può ottenere con una stimolazione del nervo, il fluido esce dal muscolo, dove è contenuto, verso il nervo; questo poi, servendosi di un qualsiasi corpo conduttore, lo trasferisce di nuovo alla superficie esterna del muscolo.

C'erano voluti molti anni per arrivare a questi risultati, ma solo nel 1791 Galvani s'era deciso a darne notizia pubblicandone il *Commentario* quando già da un anno Lucia era morta, senza altra causa apparente oltre al procedere dell'investigazione, ma come se solo a quel punto avessero un senso compiuto.

L'annuncio aveva suscitato reazioni ineguali. Tra gli studiosi della vita Spallanzani aveva aderito immediatamente ma Fontana, pur ripetendo e confermando le esperienze con la rana, trovava anomalie eccessive per concedere che l'elettricità vi giocasse un ruolo così decisivo; e nemmeno Caldani ci trovò niente di nuovo da attribuire all'elettricità che le sue esperienze sull'irritabilità dei nervi non avessero già svelato⁸.

L'accoglienza di Volta invece fu, in un primo momento, entusiastica. Passando "dall'incredulità al

⁸ Felice Fontana (1730-1805) sostenne che "non si riesce a comprendere perché la legatura di un nervo tronchi la sensibilità e la motilità del muscolo che gli appartiene, mentre lascia passare, pur essendo legato, il fluido elettrico: le leggi degli spiriti nervei non sono le stesse dell'elettricità animale"; per Leopoldo Marcantonio Caldani (1725-1813) "se il fluido elettrico animale fosse identico allo spirito nerveo, poiché questo proviene dal cervello, giungerebbe contemporaneamente a tutti i muscoli e non soltanto a quello che si contrae" Entrambi i brani sono riportati in Carlo Matteucci, *Quaderni di Storia della Scienza e della Medicina*, XI, a cura di Raffaele Bernabeo, Università di Ferrara, 1972.

fanatismo" ripeteva e comprovava a Pavia gli esperimenti sulle rane, ammetteva l'analogia *rana-bottiglia di Leida* e aderiva "alla grande, alla meravigliosa scoperta dell'Elettricità animale nativa e propria degli organi"⁹. Ma pochi giorni dopo l'annuncio aveva già annotato qualche correzione agli esperimenti e profilato più di un dubbio sulla teoria. S'era messo subito a misurare al suo *elettrometro a foglie di paglia* la quantità minima "e che mai può farsi di buono se le cose non si riducono a gradi e misure, in fisica particolarmente?"¹⁰ - di elettricità necessaria a provocare le contrazioni e aveva trovato che ne era necessaria una quantità quattro volte superiore per produrre moti quando il fluido era comunicato al muscolo rispetto a quella necessaria quando il fluido era comunicato al nervo. Con maggiore difficoltà dunque il fluido poteva passare dal muscolo al nervo nel modo indicato da Galvani. Si poteva invece ritenere che lo sbilancio naturale fosse dislocato in modo che la superficie esterna del muscolo fosse carica positivamente e quella interna, nervo compreso, negativamente. Applicando l'arco conduttore tra il muscolo e il nervo si assisteva allora a un passaggio in quella direzione, e non nell'opposta: da fuori a dentro e non da dentro a fuori.

Così, nel modo più facile, il cervello poteva "spingere giù" il fluido ai muscoli attraverso i nervi di un animale vivente, piuttosto che "tirarlo in su" con mag-

⁹ Volta, in Pera, op. cit. p. 115.

¹⁰ Ivi.

giore fatica. E provando con animali viventi o comunque interi salta fuori un'altra osservazione: una rana, la schiena armata di piombo o stagno e le zampe a contatto di un altro metallo comincia a contrarsi e a sussultare; e questo avviene solo quando ci sia diversità di metalli e contatto tra loro.

Questa circostanza fa strada per la prima volta all'intuizione di Volta. "*Mi nasce talvolta il dubbio*", scrive, "*se veramente i conduttori metallici, diversi...siano meramente passivi, o non anzi agenti positivi, che muovano cioè di lor posta il fluido elettrico dell'animale*"¹¹. Perché altrimenti anche in una rana preparata succederebbe che due zampe a contatto ciascuna con un metallo diverso e unite tra loro con un filo conduttore prenderebbero a contrarsi? Che motivo ci sarebbe per un passaggio di fluido da una zampa all'altra? Non potrebbe essere invece che il contatto di metalli diversi sia una condizione non accessoria ma decisiva per ottenere sbilancio e passaggio di fluido? In quanto alle contrazioni poi, le esperienze sugli animali interi lasciavano pensare a una circolazione oscillante del fluido elettrico tra le parti e a un fluido, pur sbilanciato, lento nei movimenti e incapace quindi di attivarle. La stessa constatazione di una maggiore facilità di flusso dal muscolo al nervo, già rilevata dalle misurazioni con l'elettrometro, non falliva la prova sperimentale: un flusso elettrico che facesse circolo sul solo nervo, escludendo il muscolo, fosse esso pro-

¹¹ *ivi*, p. 113.

vocato da un elettroforo o dal solo contatto dell'arco bimetallico, metteva ugualmente in movimento la zampa della rana, pur essendo questa esclusa dal circuito. Era evidentemente la fitta innervazione a trasmettere all'intero corpo animale il movimento, per opera dello sbilancio artificialmente prodotto dal contatto dei conduttori metallici. Se però le cose stavano in modo da ammettere l'affidabilità dell'ipotesi dello sbilancio nel solo nervo, scartata da Galvani con argomenti riconosciuti deboli, la stessa analogia della bottiglia di Leida, applicabile all'insieme nervo e muscolo sbilanciati tra loro, e non al solo nervo, veniva a cadere.

L'intera teoria di Galvani traballava di fronte all'iniziativa del fisico, rapida e risoluta non solo per le incalzanti novità scaturite nei controlli, ma anche per il rigore dei suoi "*criteri di accettazione delle ipotesi e di scelta delle spiegazioni*"¹² che lo portavano a non considerare utili le interpretazioni dei fatti che si discostassero da idee consolidate quando queste dimostrassero di non incontrare ancora ostacoli insormontabili. Così anche la prima esperienza di Galvani, delle contrazioni a distanza, era spiegabile in chiave interamente elettrofisica se si considerasse il colpo di ritorno un *campo elettrico* nel quale era riconoscibile e anche ovvio un effetto di stimolazione dei nervi; vedendo poi l'effetto che produceva l'arco bimetallico, si poteva inferire che anche le esperienze sulla tor-

¹² Pera, *op. cit.*, p. 108.

pedine fossero state indebitamente generalizzate. Un atteggiamento conservatore, in un certo senso, e molto drastico verso la moltiplicazione delle spiegazioni, ma capace di guidare senza diversioni la ricerca di Volta, che *“scopre man mano nuove leggi; riguardo specialmente ai metalli, che vogliono considerarsi non più come semplici deferenti, ma come veri motori d'elettricità, perciò col solo loro contatto e applicazione più o meno estesa ad altri meno perfetti conduttori vengono a rompere l'equilibrio del fluido elettrico, e togliendolo dal riposo, ed inazione in cui era, ne lo smuovono, e portano in giro”* Lo sbilancio poteva avvenire un metallo *“deponendolo”*, l'altro *“tirandolo a sé, come succhiandolo”*¹³.

Proprio la *“nuova proprietà”* elettromotrice scoperta nei metalli toglieva a Galvani l'appoggio sul quale lui, medico, aveva creduto di poter contare per leggere i suoi esperimenti a favore di una convalida della tesi dell'elettricità animale. A metà dell'anno la teoria voltiana del *contatto elettromotore dei metalli* era bella e formulata: conduttori di prima classe (metalli) mettono in movimento elettricità nel contatto con conduttori di seconda classe (corpi umidi).. L'idea di Galvani sopravviveva in pochissimi casi: sostanzialmente quello in cui si avevano contrazioni della rana facendo arco con un solo metallo. Ma bastava pensare che l'omogeneità di un metallo non è mai così completa per ammettere finalmente che mai un organismo

¹³ Volta, *Opere*, cit.

è sede di sbilancio e motore di elettricità. Verso la fine dell'anno *“la teoria e le spiegazioni di Galvani”*, dichiarava solennemente Volta, *“cadono in gran parte, e tutto l'edificio minaccia rovina”*¹⁴. La rana poteva restare tutt'al più, questo sì, uno squisito elettrometro, più sensibile di qualunque altro esistente, un misuratore, non certo un generatore di elettricità; nel *secondo esperimento* di Galvani, in ogni modo, tra due metalli che danno sbilancio e contrazioni, essa non era più che un semplice conduttore umido.

Con questo, e con la successiva reazione dei galvani, entrava nel vivo una controversia che avrebbe coinvolto una parte notevole dell'interesse scientifico in Europa e appassionato gli osservatori come *“un grande spettacolo intellettuale”*¹⁵.

Entrava nel vivo anziché chiudersi perché, malgrado le fiere dichiarazioni e l'audacia delle innovazioni, le posizioni di Volta erano in qualche punto tutt'altro che invulnerabili. Una era quella della impossibilità che si avesse un metallo perfettamente omogeneo, che sembrava introdotta apposta per squalificare i risultati ottenuti a Bologna con un arco monometallico. Aldini, per aggirare quell'ipoteca, realizzò un esperimento piuttosto sofisticato usando come conduttore tra il nervo e il muscolo della rana il mercurio,

¹⁴ Volta, in Pera, op. cit., p. 125.

¹⁵ L'espressione è di Cassirer, op. cit., p. 312, che la riferisce alla controversia tra Newton e Leibniz.

metallo liquido la cui omogeneità era più garantita. E poi, se pure la teoria del contatto era valida, Volta tuttavia non l'aveva mai provata indipendentemente dall'interposizione di un conduttore animale, mentre per Galvani una rana restava sempre una rana.

Ed era proprio questo che i due si adoperavano di fare. Quanto più Volta s'ingegnava a dimostrare che "è la diversità dei metalli che fa" e si volgeva a escludere dall'esperimento i corpi organici per chiuderlo ai soli conduttori non organici, altrettanto Galvani andava cercando la prova decisiva escludendo i metalli dal circuito elettrico animale. E, due anni dopo, l'ottenne: senza far uso affatto di deferenti egli aveva rilevato i segni chiari, inequivoci, di una elettricità intrinseca alla rana. Esperimento facile, che chiunque poteva replicare: le zampe scattavano "quasi sempre quattro e anche più volte" al solo toccare del nervo crurale col muscolo, e la forza che le faceva muovere, stavolta era definitivo, non poteva venire che dalla rana stessa, in virtù di uno sbilancio naturale, doveva per forza appartenerele.

Realizzato questo esperimento cruciale, il *terzo esperimento*, Galvani ne dava informazione quasi di nascosto, in un "Trattato"¹⁶ anonimo nel quale parlava di sé come di altra persona. Nel ricostruirvi passo dopo passo i risultati della sua ricerca e nell'enunciare le

¹⁶ Il titolo completo del *Trattato* è: *Trattato dell'uso e dell'attività dell'arco conduttore nelle contrazioni dei muscoli*, in Galvani, *Opere scelte*, cit., pp. 364 e segg. A quest'opera appartengono le parole virgolettate che seguono.

conclusioni cui essa l'aveva portato, l'anonimo Galvani introduceva anche alcune differenti sottolineature alle congetture che aveva formulato in precedenza. Le contrazioni sono mosse da un agente istantaneo; "sembra manifesto" che si tratti di un fluido sottilissimo; questo "par che si deduca" dal fatto che conduttori e coibenti si comportano con quel fluido come col fluido elettrico; anzi, "ogni ragione conduce a credere" che questo fluido non sia solo "analogo", ma realmente e "nei caratteri essenziali" elettrico: di questo Galvani era convinto già tre anni prima quando, considerando l'identità tra elettricità animale e quella della torpedine, concludeva che nei pesci elettrici "l'elettricità è in maggiore quantità e più forte, non di diversa natura"; e addirittura immaginava che forse un tempo si sarebbero trovati artifici che avrebbero permesso di ottenere "simili effetti anche da altri animali"¹⁷. Adesso invece, spinto forse dalla controversia a radicalizzare le sue posizioni, o anche da quell'atteggiamento "tutto o niente" che caratterizza, come osserva Pera, il modo di porsi di ciascuno dei contendenti nell'interpretare il senso degli esperimenti nel

¹⁷ *Commentario*, parte quarta, *Congetture e corollari*. Un primo profilo delle differenze tra fluido elettrico ed elettricità animale compare l'anno successivo a quello di pubblicazione del *Commentario*. Nella *Lettera a Don Bassiano Carminati* (riprodotta alle pp. 141-151 di *Opere edite e inedite di Galvani*, Bologna 1861 e in *Opere Scelte di Galvani*, cit.) Galvani sostiene che "sembra...che qualche differenza di natura vi abbia a essere tra di loro, per qualche mutazione, o vogliam dire preparazione e modificazione, che la suddetta comune elettricità riceve dalla macchina animale".

verso della teoria che gli sta a cuore, passava a confrontare le differenze fra i vari fluidi, e vi trovava *“una elettricità particolare e propria dell'animale, nella quale si scorgono bensì alcuni caratteri comuni colla elettricità universale, ma altri ancora si ravvisano proprii ad essa, e in tutto simili a quelli dell'elettricità della torpedine, per i quali vie più ci è sembrato appartenerele giustamente il nome di elettricità animale”*¹⁸

Comunque fosse, si poteva tenere per certo che per avere un moto provocato dall'elettricità ci vuole uno sbilancio, un *disequilibrio*; l'arco conduttore serve a ristabilire l'equilibrio permettendo un repentino richiamo di fluido dove esso è mancante, che determina le contrazioni. Il disequilibrio non ha origine fuori dall'animale, come dice Volta; esso va cercato all'interno dell'animale stesso, dove *“converrà confessare...che v'abbia macchina particolare atta a dar luogo a questo disequilibrio, e d'uopo sarà chiamar animale una tale elettricità per denotare non un'elettricità qualunque, ma una particolare applicata a una particolar macchina”*¹⁹. Questa macchina *“si rimane totalmente occulta allo sguardo più sagace”* e non resta quindi che descriverne l'opera affidandosi all'osservazione degli effetti che produce e all'induzione analogica che se ne può trarre.

Una macchina dell'elettricità interna all'animale era invece esibita con impudica evidenza dalla torpe-

¹⁸ Trattato, in *Opere scelte*, cit., p. 417.

¹⁹ Ivi, p.388.

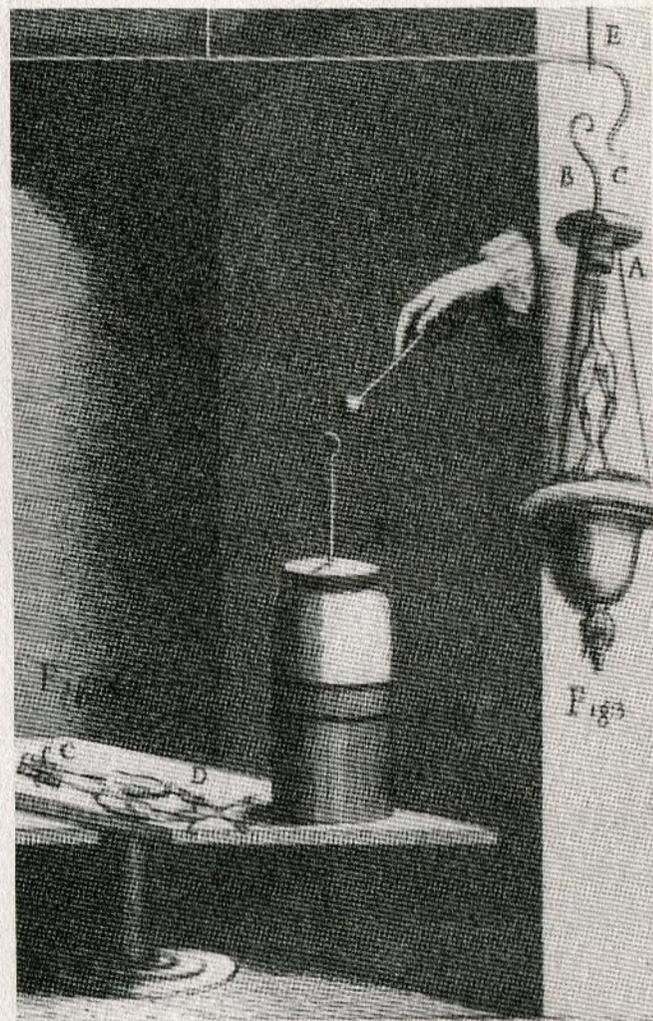
dine. A questo animale dunque Galvani poteva rivolgere più esplicite domande circa il carattere dell'elettricità che essa dispensa, il funzionamento dello sbilancio, il suo rapporto col cervello e con la generale economia vitale attraverso i nervi. La torpedine poteva forse fornire nuove informazioni riguardo al circuito dell'elettricità animale e alla natura del fluido elettrico approfondendo magari le differenze, che adesso Galvani cercava, di questo con l'elettricità dei fisici.

Per ora le differenze accertate erano due: la prima era che l'elettricità animale agisce soltanto attraverso l'arco; la seconda era *“di non distogliersi mai dall'animale cui appartiene, ma, posta in azione, di tendere sempre con ogni sforzo a ritornare nel medesimo, e di permetter solo di essere trasportata da una parte all'altra dello stesso animale”*²⁰. Altre differenze poi ci dovevano pur essere, ancora da scoprire, e nemmeno di scarso rilievo. Tutto ciò in ogni modo non doveva negare il grande influsso che ha l'elettricità comune nell'attivare quella animale.

Ma l'interesse per la torpedine non si chiudeva qui. L'effetto di ingrandimento del circuito elettrico animale che fa di questo pesce singolare un modello all'osservazione permette, accanto alle nuove esperienze, di spiegare e precisare le precedenti e di riprendere il discorso da capo. Galvani lo sintetizzerà, due anni dopo, chiamando Spallanzani a giudice delle sue scoperte. Il punto di partenza è sempre l'analogia della

²⁰ Ivi, p. 417.

torpedine con la bottiglia di Leida che, indicata per primo da Walsh, Galvani aveva trasferito sulla rana. *“Voi medesimo ne potete, coll' autorità vostra, somministrare un' indubitata prova, avendone già sentito le scosse similissime a quelle della boccia di Leida e avendo fatte, intono a tali scosse, nuove ed interessanti esperienze, che sempre più fanno credere aver esse origine da una vera elettricità. A voi non è ignoto raccogliersi e cumularsi questa sì forte elettricità in esso animale, per mezzo di due corpi di una particolare struttura, detti corpi od organi elettrici, composti di moltissimi prismi esagoni, gli uni sovrapposti agli altri con mirabil ordine ed esatto adattamento, non altrimenti che li formerebbero molti, e molti piccoli quadretti magici, tutti della stessa grandezza e figura, adattati esattamente coi loro angoli e lati corrispondenti gli uni cogli altri. Voi sapete altresì che a tali prismi viene distribuita una sterminata copia di nervi la quale, poiché supera di gran lunga quella quantità che sarebbe necessaria per la vita, nutrizione, e senso loro, così sembra data dalla natura ai medesimi per altri usi, fuori di questi. E siccome l' uffizio particolare di detti corpi elettrici è di raccogliere, cumulare, e somministrare all' uopo una particolare e viva elettricità, così hanno creduto giustamente i naturalisti ed i fisiologi che una tale elettricità venga appunto trasportata ai medesimi corpi per mezzo di una così insigne moltitudine di nervi. E poiché tali nervi partono immediatamente dal cervello medesimo, così hanno dedotto alcuni che una tale elettricità venga loro somministrata dal cervello, ed in conseguenza che esso sia l' elaboratorio e il serbatoio di tale elettricità, e che i*



“... Voi medesimo ne potete somministrare un' indubitata prova, avendone già sentito le scosse similissime a quelle della boccia di Leida...” (pag. 80)

nervi siano i conduttori della medesima"²¹. La torpedine poi non contiene solo quella quella elettricità che è somministrata dagli organi elettrici, ma "anche quella che appartiene ai muscoli, che potrebbe dirsi muscolare, comune a tutti gli animali"²².

Il viaggio verso l'Adriatico quindi offre l'opportunità di vedere come queste due elettricità realizzino il loro circolo, in cosa somiglino o differiscano i fluidi impegnati, la loro origine ed elaborazione; e più in generale di sottoporre a prova sperimentale tutto ciò che per ora non è altro che congettura. La stessa ipotesi che l'elettricità sia prodotta e dispensata dal cervello era già formulata fin dall'inizio; Galvani ritiene che, sebbene si trovi nei muscoli, non emani da essi, ma che la fonte sia "la stessa che i fisiologi fino ad oggi hanno ammesso per gli spiriti animali, cioè il cervello". Come si vede l'impianto della teoria è lo stesso che proviene dalla tradizione aristotelica, nella quale viene innestata una determinazione meccanica innovativa di ascendenza cartesiana. Una mediazione generosa e un tentativo forse prematuro di impostare il rapporto *mente-corpo* in termini sperimentabili e convincenti. "Noi riteniamo verisimile che il fluido elettrico sia prodotto dal lavoro del cervello e provenga dal sangue, e che esso entri nei nervi e scorra nel loro interno, sia che essi siano cavi e vuoti, sia che, come pare più probabile, essi trasportino una leggerissima linfa oppure un altro simile e speciale tenuissimo flui-

21 *Memoria quinta*, in *Opere scelte*, cit., p. 476.

22 Ivi, p. 479.

do, prodotto, come i più ritengono, dalla corteccia cerebrale”.

Il Galvani che nel 1795 viene verso l'Adriatico per farvi “nuovi tentativi intorno alla torpedine” e trovarvi “nuovi argomenti...a favore dell'elettricità animale” è al colmo della celebrità e del consenso, nonostante egli cerchi di mantenere intatta quell'intimità bolognese che lo aveva accolto nel decennio precedente la morte della moglie e l'annuncio delle loro scoperte. Ha rimbeccato Volta per le rime: “*Se la cosa è così, se tale elettricità è veramente tutta propria dell'animale, che ne sarà dell'opinione del Signor Volta*” che la nega completamente?

Il fisico effettivamente accusa il colpo e annaspa nella ricerca di argomenti contro le nuove scoperte del professore bolognese. Si appiglia all'obiezione già espressa che il mercurio usato da Aldini per dare omogeneità assoluta al conduttore monometallico non sia affatto omogeneo - e Spallanzani, mai benevolo nei confronti del collega a Pavia, non può trattenere le risa-; che le armature stesse possano essere, per la disomogeneità dei metalli, elettromotrici; che la prova di Galvani che ottiene contrazioni senza intervento affatto dei metalli non riesca così bene come si vorrebbe a Bologna; e che ci sia sempre il sospetto che i movimenti provengano dall'irritazione meccanica anziché dallo sbilancio elettrico. È da quando Valli a Londra ha realizzato il *terzo esperimento senza metal-*

23 Commentario, in Opere scelte, cit., p.301.

li con anticipo sullo stesso Galvani che le posizioni di Volta cominciano a vacillare, la teoria del contatto dei metalli sembra confutata e i nuovi argomenti vengono ritenuti deboli e cavillosi. Sembra a tutti che la controversia sia pressoché definitivamente chiusa a favore di Galvani, che torna a rinnovare gli esperimenti con la dedizione e il disincanto di chi non ha più niente da temere né da ambire: una lucida deriva nella fiducia in Dio.

Vediamo dunque, seguendo ogni passo degli esperimenti sulla torpedine descritti sul *Taccuino*, come Galvani metta in atto i suoi tentativi, quali argomenti nuovi ne ricavi, quale contributo essi diano alla causa dell'affermazione definitiva dell'elettricità animale e al più generale progresso delle conoscenze.

IV.

IL TACCUINO DI GALVANI

14. maggio Risultati d'alcuni
1795 esperimenti.

Toccata la Torpedine anche con
un solo dito o nel dorso o ne

corpi elettrici ^{non} dà la scossa
ma induce una sensazione simile
essendo la Torpedine isolata I

sù d'una tela incerata od
anche sott'acqua

I a quella, che dà la scintilla
elettrica

RISULTATI D'ALCUNI ESPERIMENTI

14 maggio 1795

Toccata la Torpedine anche con un solo dito o nel dorso o ne corpi elettrici non dà la scossa ma induce una sensazione simile a quella, che dà la scintilla elettrica essendo la Torpedine isolata sù d'una tela incerata, od anche sott'acqua

2:

Generalmente e per lo più
non dà la scossa, che dopo qualche
fregamento, stropicciamento, o compres-
sione

3

alcune volte però la dà anche
al solo ed immediato contatto

4

La dà più facilmente ^{spesso} facendo
arco ~~o fra una dita della mano~~
fra la superficie superiore
ed inferiore ~~o fra una dita della~~
st. orecchie ~~o fra una sol~~
~~sol mano~~

2: generalmente, e per lo più, non dà la scossa, che dopo qualche fregamento, stropicciamento, o compressione

3 alcune volte però la dà anche al solo ed immediato contatto

4 La dà più facilmente e più frequentemente facendo arco o fra la superficie superiore e l'inferiore o colle dita di una sol mano

applicando cioè sfregio
il pollice alla superiore l'
indice all'inferiore, od anche
colle dita stessamente applica-
te di ambedue

5

La dà senza rimuovere, od
applicare nuovamente la mano
nella maniera già detta od
una sol mano, od ambedue
ma ^{anche} tenendole costantemente
applicate.

applicando per esempio il pollice alla superiore l'indice all'inferiore, od anche colle dita stessamente applicate di ambedue [le mani]

5 La dà senza rimuovere, od applicare nuovamente nella maniera già detta od una sol mano, od ambedue ma anche tenendole costantemente applicate.

6°

La dà non rare volte nell'atto che si scostano le deta e sia nell'atto, ~~o sia~~ nell'atto che si interrompe l'arco.

7

La dà con maggior costanza siccome avvertì il primo il dottissimo Sig. Battaglioni se nel tempo stesso che si tiene la Torpedine nella maniera già detta si pieghi o all'inanzi o all'indietro il dorso della medesima, forse

6°. La dà non rare volte nell'atto che si scostano le deta o sia nell'atto, che si interrompe l'arco.

7 La dà con maggior costanza siccome avvertì il primo il dottissimo Sig. Battaglioni se nel tempo stesso, che si tiene la Torpedine, nella maniera già detta si pieghi o all'inanzi o all'indietro il dorso della medesima, forse

forse per la compressione, che in tal caso ricevono i nervi che passano per le branche.

8

La dà in ogni punto della superficie de corpi elettrici

più facilmente se le deta siano applicate come si è detto in detta superficie, che in qualunque altra parte.

10

ove la torpedine però sia vegeta in ogni parte del corpo, purché

forse per la compressione, che in tal caso ricevono i nervi che passano fra le branche.

8 La dà in ogni punto della superficie de corpi elettrici

più facilmente se le deta siano applicate come si è detto in detta superficie, che in qualunque altra parte.

10 ove la torpedine però sia vegeta in ogni parte del corpo, purché

un punto di contatto della
deta
nervosa sia o immediatamente
sopra l'uno de corpi elettrici
o almeno in vicinanza de
medesimi.

10

Tenendo ferme le deta della una
mano applicate come nell
esp 4 e movendo, e stropiccian-
do le due superficie della
torpedine colle deta dell'altra
nella stessa maniera applica-
ta, la scossa si fa sentire
maggiore alle deta della mano

un punto di contatto delle deta sia o immediatamente sopra l'uno de corpi elettrici o almeno in vicinanza de medesimi.

10 Tenendo ferme le deta dell'una mano applicate come nell esp 4, e movendo, e stropicciando le due superficie della torpedine colle deta dell'altra nella stessa maniera applicata, la scossa si fa sentire maggiore alle deta della mano

ferma, che a quelle della mano
~~lasciata~~ in moto.

11

Scorticando la ^{torpedine} ~~una~~ le scosse
sono, frequentissime, ed accadono
ad ogni ^{taglio} ~~taglio~~ che si faccia
delle fibre, che uniscono la cute
coi sottoposti muscoli, toccandosi però nel tempo
stesso coll'altra mano l'animale, onde si faccia arco
Ciò accade singolarmente separando
la cute dai corpi elettrici

ferma, che a quelle della mano in moto.

11 Scorticando la torpedine le scosse sono, frequentissime, e forti ed accadono quasi ad ogni taglio che si faccia delle fibre, che uniscono la cute coi sottoposti muscoli, toccandosi però nel tempo stesso coll'altra mano l'animale, onde si faccia arco. Ciò accade singolarmente separando la cute dai corpi elettrici

12
nel dorso, fatto l'arco colle mani
sembrano eccitarsi
più facilmente le scosse
che nel ventre non altrimenti
che le contrazioni nelle rane
vive e naturali, si eccitano
più facilmente applicando
l'armatura, e l'arco
al dorso, che al ventre,

13
Si eccitano più le scosse
meglio nella torpedine siccome
nelle rane applicando l'arco
con una estremità al dorso
coll'altra al ventre colla diffe

12 nel dorso, fatto l'arco colle mani sembrano eccitarsi più facilmente le scosse che nel ventre, non altrimenti che le contrazioni nelle rane vive e naturali, si eccitano più facilmente applicando l'armatura e l'arco al dorso, che al ventre.

13 Si eccitano però le scosse meglio nella torpedine, siccome nelle rane le contrazioni applicando l'arco con una estremità al dorso coll'altra al ventre colla diffe

renza, che nelle rane per ottenere
le contrazioni vuopo è d'armatura
e di arco metallico, che
nella torpedine bastano le nude
deta, o sia le semplici parti
animali collocate a modo di
arco dal ventre al dorso.

14
applicato sul dorso il cuore
estratto della torpedine in istato di quiete
indi fatto arco colle deta o s.
siccome nell'esp 4 purchè il
cuore tocchi l'uno della deta, che

renza, che nelle rane per ottenere le contrazioni vuopo è d'armatura, e di arco metallico, che nella torpedine bastano le nude deta, o sia le semplici parti animali collocate a modo di arco dal ventre al dorso

14 applicato sul dorso il cuore estratto della torpedine in istato di quiete indi fatto arco colle deta siccome nell'esp 4 purchè il cuore tocchi l'uno delle deta, che

forma arco ^{le} non poche volte
~~depo~~ eccitata la ^e
ad ogni scossa si eccita la ^{scossa}
il moto, o sia la sistole del
cuore, non ^{per} nel momento stesso
stesso stessissimo della scossa
ma al momento appresso

15 ^{natural}
applicata la rana al dorso
della torpedine nell'atto della
scossa si sono avute le contra-
zioni.

forma arco le non poche volte, eccitata la scossa si eccita il moto, o sia la sistole del cuore, non però nel momento stesso stessissimo della scossa ma il momento appresso
15 applicata la rana al natural dorso della torpedine nell'atto della scossa si sono avute le contrazioni.

16.
applicata la rana preparata
ca nervi tagliati al dorso
della Torpedine, quella si
cadde nelle solite convulsioni
ad ogni scossa, anche senza
scossa sensibile, le convulsioni
sono state tagliarde frequen-
tissime
16.. è avvenuto lo stesso tenendo la rana pei piedi, e facendo toc-
care

16. applicata la rana preparata coi nervi tagliati al dorso della Torpedine, quella è caduta nelle solite convulsioni ad ogni scossa, anche senza scossa sensibile, le convulsioni sono state tagliarde frequentissime
16.. è avvenuto lo stesso tenendo la rana pei piedi, e facendo toc-
care

i nervi pendoli - la Torpedine
o tenendo la rana coi nervi
e faccendole al centro
i piedi, se non che allora è
sembrata essere necessaria
la scossa, laddove nel primo
caso non abbisognava
forse in quel primo
caso faceva la rana arco
su la Torpedine
coi nervi, e muscoli.

i nervi pendoli la Torpedine o tenendo la rana coi nervi e mettendo al contatto i piedi, se non che allora è sembrata essere necessaria la scossa, laddove nel primo caso non abbisognava forse nel primo caso faceva la rana arco su la torpedine coi nervi, e muscoli.

17

Le stese rane preparate
messe anche a contatto dei
lambi della Torpedine sono
cadute nelle stesse convulsioni
tanto toccando le Torpedine
quanto no, tanto eccitata
la scossa, che no.

18

È avvenuto lo stesso non solo
alla rana rana, che era in
immediato contatto colla Torpedine,
ma anche alla seconda rana,

17 Le stesse rane preparate messe anche a contatto dei lembi della torpedine sono cadute nelle stesse convulsioni tanto toccando la torpedine quanto no, tanto eccitata la scossa, che no
18 È avvenuto lo stesso non solo alla rana rana, che era in immediato contatto colla torpedine, ma anche alla seconda rana, che

che era in contatto solo
colla prima.

19
Preparate
varie rane applicate in
vari luoghi della Torpedine
si movevano quando una
quando l'altra, e tutte
anche in un tempo

20

Dopo che una rana prepa-
rata ha sofferte varie
convulsioni su la torpedine
face prendola ^{con una man} coi piedi
applicando i nervi ad un dito
dell'altra per molte e molte
volte allo scostare i nervi
una all'interromper l'arco
si sono ottenute le contrazioni
Lo che siccome non ho mai
potuto osservare in centinaia

che era in contatto solo colla prima.

19 Varie rane preparate applicate in vari luoghi della torpedine si movevano quando una quando l'altra, e tutte anche in un tempo

20 dopo che una rana preparata ha sofferte varie convulsioni su la torpedine tenendola con una mano nei piedi applicando i nervi ad un dito dell'altra [mano] per molte, e molte volte allo scostare i nervi o sia all'interromper l'arco si sono ottenute le contrazioni
Lo che siccome non ho mai potuto osservare in centinaia

Di simili esperienze
tentate, così mi è caduto
in pensiero, che l'elettricità
della torpedine si sia comunicata
alla rana, e ne abbia caricate le
supposte bocchette.

di simili esperimenti, così mi è caduto in pensiero, che l'elettricità della torpedine si sia comunicata alla rana, e ne abbia caricate le supposte bocchette.

21

credo dei muscoli
armati i nervi nella solita
maniera or con foglia di
stagno sola, ora con foglia
di stagno, ed anche ottonella
e fatto arco non moto
Lo stesso armato la spinal
midolla
Lo stesso armato nervo
e muscolo indi usato
l'arco
bensì si sono avuti alcuni
moti armati i muscoli
crociati ed usato l'arco

21 armati i nervi ovvero [?] dei muscoli nella solita maniera or con foglia di stagno sola, ora con foglia di stagno, e ottonella, e fatto arco non moto. Lo stesso armato nervo e muscolo indi usato l'arco bensì si sono ottenuti alcuni moti armati i muscoli crociati ed usato l'arco

La Torpedine per ridar le
scosse ha bisogno essa pure di
tempo, e di riposo non altri-
menti; che le rane per dar
le contrazioni; massimamente
ove le torpedini siano languide.

23

Fin ora ci è sembrato finir
colla vita la facoltà di dar le
scosse e d'eccitare le contrazio-
ni delle rane.

22 La Torpedine per ridar le scosse ha bisogno essa pure di tempo, e di riposo non altrimenti, che le rane per dar le contrazioni, massimamente ove le torpedini siano languide

23 fin ora ci è sembrato finir colla vita la facoltà di dare la scossa, e di eccitare le contrazioni delle rane.

L'arco, che fa per terra
la elettricità nelle contrazio-
ni delle rane sembra essere
un forte argomento a favore
delle bocchette animali; e
contrario alla elettricità de
metalli; e alla loro forza contra-
ria d'attrazione, e di repulsi-
one, mentre l'analogia delle
bocchette di Leiden ne mostra
che per il circolo della elettrici-
tà di tale boccietta è lo stesso
due piedi; che seicento lo che
non è ancor dimostrato relativi.

24 L'arco, che fa per terra la elettricità nelle contrazioni delle rane sembra essere un forte argomento a favore delle bocchette animali, e contrario alla elettricità de metalli, e alla loro forza contraria di attrazione, mentre l'analogia delle bocchette di Leiden ne mostra che per il circolo della elettricità di tale boccietta è lo stesso due piedi, che seicento lo che non è ancor dimostrato relativi.

mente alla supposta elettricità
o virtù di contrariare l'elettricità
in metalli.

mente alla supposta elettricità o virtù di contrariare l'elettricità ne
metalli

Lo stesso argomento sembra
ancora distruggere l'esisten-
za di una elettricità esistente
ne muscoli, e stimolante i
nervi nel contatto, quando non
si carica dal nervo, come da
una boccia di Leiden carica
se però non si volesse, che ella
escisse dai medesimi muscoli
come esce dalla boccia di Leiden
al contatto di un corpo, che non formi
arco, e come esce dal torpedine

25 Lo stesso argomento sembra ancora distruggere l'esistenza di
una elettricità esistente ne muscoli, e stimolante i nervi nel contat-
to, quando non si partisse dal nervo, come da una boccia di Leiden
carica

se però non si volesse, che ella escisse dai medesimi muscoli come
esce dalla boccia di leiden al contatto di un corpo, che non formi
arco, e come esce dal[la] torpedine

al toccamento d'un solo dito.

al toccamento d'un solo dito.

Giorno 16 maggio

26

La rana senza far arco
colla superficie della Torpedine
frà nervo e muscolo
ma toccando coi soli nervi
crurali la Torpedine, in
qualunque luogo, ma più
col dorso, e o sopra, o in vi-
cinanza de corpi elettrici
cade nelle solite convulsioni
a qualunque scossa

Giorno 16 maggio

26 La rana senza far arco colla superficie della Torpedine frà nervo e muscolo ma toccando coi soli nervi crurali la Torpedine, in qualunque luogo, e o sopra, o in vicinanza de corpi elettrici cade nelle solite convulsioni a qualunque scossa

o isolata le cosce nel vetro
o tenuta pei piedi colle dita
o tenuta pei piedi isolata
e sospesa con un filo di seta
vi cade ancora benché la
scossa non sia sensibile e ne
pure l'evacuazione scintilla
ma verosimilmente fatto
essendo la forza elettrica della
Torpedine minima, darente
facendo arco dal dorso al ventre

o isolata le cosce nel vetro o tenuta pei piedi colle dita o tenuta pei piedi isolata e sospesa con un filo di seta vi cade ancora benché la scossa non sia sensibile e ne pure sensibile l'evacuazione scintillare ma essendo la forza elettrica della Torpedine minima [vi cade] solamente facendo arco dal dorso al ventre

27

vi cade ^{tanto} facendo arco
~~in una~~ nel corpo elettrico
ove ella è sopra collocata
quanto facendo arco nell'
altro oggetto

28

Lo stesso è sembrato avvenire
poggiando su la Torpedine
coi soli muscoli

27 vi cade tanto facendo arco nel corpo elettrico ove ella è sopra collocata quanto facendo arco nell'altro opposto
28 Lo stesso è sembrato avvenire poggiando [la rana] su la Torpedine coi soli muscoli

29

È sembrato cadervi al taglio
di qualunque fascio di fibrille
verisimilmente nervosa
ma si vi è caduta al taglio
de muscoli de corpi elettrici
ma sempre più alta separa-
zione della cute dalle sotto-
poste parti

29 È sembrato cadervi al taglio di qualunque fibrilla verisimilmente nervosa
vi è caduta al taglio de muscoli de corpi elettrici ma sempre più
alla separazione della cute dalle sottoposte parti

112

30

al taglio però alla compres-
sione del primo piccolo, e se-
condo ^{trunco} nervoso elettrico
mai si è ottenuta la mi-
nima contrazione nella rana
ne la minima scossa
avvertimento
per accertarsi bisognerebbe
far arco sicuramente coll'
altra mano ^{con cui non si taglia} da una superficie
all'altra ^{dei} dei corpi elettrici.

30 Al taglio però alla compressione del primo piccolo, e secondo
trunco nervoso elettrico mai si è ottenuta ne la minima contrazio-
ne nella rana ne la minima scossa
avvertimento
per accertarsi bisognerebbe far arco sicuramente coll'altra mano
con cui non si taglia da una superficie all'altra dei corpi elettrici

113

o farlo fare da altra
persona nell'atto, che si
taglia

31

Non si è per altro ottenuto
né scossa, né contrazione
nella rana benché si facesse
arco sopra la superficie ester-
na, quantunque fatto questo
stesso arco, tagliando vera-
similmente piccole fibrille
nervee le contrazioni
nella rana, siansi, e prima,

o farlo fare da altra persona nell'atto, che si taglia
31 Non si è per altro ottenuto né scossa [della torpedine], né con-
trazione nella rana benché si facesse arco sopra la superficie ester-
na, quantunque fatto questo stesso arco, e tagliando verosimilmen-
te piccole fibrille nervee, le contrazioni nella rana, siansi, e prima,

e dopo il taglio delli stessi
tronchi nervosi, costanti-
mente ottenute.

e dopo il taglio delli stessi tronchi nervosi, costantemente ottenu-
te.

Giorno 17
Maggio
32.

Tagliato in una vegeta

Torpedine, che dava scosse
gagliarde, tagliato disse

essere un corpo elettrico,
col suo corrispondente muscolo fal-
cato e separato dall'
centro coperto de suoi
animali e integumenti.

Dava scosse e induceva
siccome l'altro con coltello
frequenti contrazioni nella

rana preparata finché fu
reciso l'ultimo ^{suo} tronco nervoso

50

Giorno 17 maggio

32: Tagliato in una vegeta Torpedine, che dava scosse gagliarde, tagliato dissi un corpo elettrico col suo corrispondente muscolo falcato e separato dall'animale coperto de suoi integumenti dava frequenti scosse e induceva frequenti contrazioni, siccome l'altro corpo elettrico nella rana preparata finché fu reciso l'ultimo suo tronco nervoso

reciso il quale, non più diede
la minima scossa ne indusse
la minima contrazione

33

niuna parimenti ne diede
niuna contrazione eccitata,
totalmente separato

dall'animale, quantunque
in ogni modo possibile ecci-
tato a dar l'una, e ad eccitar l'altra

reciso il quale, non più diede la minima scossa ne indusse la minima contrazione

33 niuna parimenti ne diede [scossa], niuna contrazione eccitata totalmente separato dall'animale, quantunque in ogni modo possibile eccitato a dar l'una, e ad eccitar l'altra

34

L'altro corpo elettrico rimasto
nell'animale nel suo sito
naturale diede le molte
scosse, eccitò le molte contrazioni
che a poco a poco per illanguir
divano.

35

Continuò a dar le scosse, e ad
eccitar le contrazioni; anche
cessato il moto del cuore
e morta ^{la Torpedine} per la molta effu-
sione di sangue avvenuta

34 L'altro corpo elettrico rimasto nell'animale nel suo sito naturale diede le molte scosse, eccitò le molte contrazioni che a poco a poco poi illanguidirono.

35 Continuò a dar le scosse, e ad eccitar le contrazioni, anche essendo il moto del cuore e morta la Torpedine per la molta effusione di sangue avvenuta

nel taglio del primo corpo

36

continuo alcuni minuti
anche dopo l'avvenuta
morte, secondo che ne par
verosimile 37

Continuò per altro, anche

dopo quest'epoca, a muovere
la coda ed a contorcere la
Torpedine

nel taglio del primo corpo

36 continuo alcuni minuti anche dopo l'avvenuta morte, secondo che ne par verosimile

37 Continuò per altro, anche dopo quest'epoca, a muovere la coda ed a contorcere la torpedine

38

corollario e recisi
 le dunque separati a' nervi
 dal cervello perisce ogni
 forza elettrica sembra ragionevole
 il concludere, che dal
 cervello venga somministrata
 pei nervi ai corpi elettrici
 l'elettricità

39

Se come nel taglio già detto
 si andavano recidendo i nervi
 e pure durava qualche elettricità
 nel corpo elettrico di cui erano

~~40~~

finché fu reciso l'ultimo
 così sembra verisimile, che
 qualunque ^{di quattro} tronchi ^{nervosi} ~~conduca~~
 conduca l'elettricità al
 al corpo elettrico, e che questi
 nervi comunichino in
 conseguenza fra di loro.

40

Atteso l'osservazione 39:
 sembrano i muscoli più
 atti a ricevere l'elettricità
 animale che questi corpi elettrici,
 e forse l'elettricità

38 corollario

se dunque separati e recisi i nervi dal cervello perisce ogni forza elettrica sembra ragionevole il concludere, che dal cervello venga somministrata pei nervi ai corpi elettrici l'elettricità

39 Se come nel taglio già detto si andavano recidendo i nervi e pure durava qualche elettricità nel corpo elettrico di cui erano

finché fu reciso l'ultimo così sembra verisimile, che qualunque dei quattro tronchi nervosi conduca l'elettricità al corpo elettrico, e che questi nervi comunichino in conseguenza fra di loro.

40 Atteso l'osservazione 39: sembrano i muscoli più atti a trattener l'elettricità animale, che i corpi elettrici, e forse l'elettricità

dei muscoli essere differente
in qualche parte da quella
di questi corpi

41

avendosi la scossa, e destando
a le contrazioni nell' ^{una} ~~altra~~
facendo le frizioni, i toccamenti
e l'arco nel corpo elettrico
oppo^{sto}, questo mostra ^{esser} comuni
comunicazione fra l'un
corpo e l'altro per l'elettricità
dell'uno e la elettricità dell'
altro, e questa comunicazione

dei muscoli essere differente in qualche parte da quella di questi corpi

41 avendosi la scossa, e destandosi le contrazioni nella rana facendo le frizioni, i toccamenti e l'arco nel corpo elettrico opposto, questo mostra esservi comunicazione fra l'elettricità dell'uno, e la elettricità dell'altro, e questa comunicazione

sembra non potersi meglio stabilire, che per mezzo dei nervi
o siano dei piccoli rami
nervosi

42:

corollario

Parimenti avendosi le scosse
e cadendo in contrazione
l'animale collocato anche
in un sito nell'animale
lontano dai corpi elettrici
avendosi ^{le medesime} nel taglio d'acqua
cognosce per fibrilla verosimilmente
nervea, questo sembra ~~che~~

sembra non potersi meglio stabilire, che per mezzo dei nervi o siano dei piccoli rami nervosi

42: corollario

Parimenti avendosi le scosse e cadendo in contrazione l'animale [la rana] collocato anche in un sito nell'animale [la torpedine] anche lontano dai corpi elettrici avendosi le medesime nel taglio di qualunque fibrilla verosimilmente nervea, questo sembra

19 Maggio

Rimino

45

Le rane preparate anche a qualche distanza dalla torpedine si contraevano e movevano allorché questa dava la scossa

46

Lo stesso avveniva anche vestite de suoi integumenti e tagliate, il tronco superiore colla testa e zampe anteriori vestite della pelle.

19 maggio

Rimino

45 Le rane preparate anche a qualche distanza dalla torpedine si contraevano e movevano allorché questa dava la scossa

46 Lo stesso avveniva anche vestite de suoi integumenti e tagliate, il tronco superiore colla testa e zampe anteriori vestite della pelle

si commoveva, e le zampe saltellavano riguardando colle dita la torpedine ad ogni scossa della torpedine benché questa fosse distante da quello per due pollici incirca

Egli è però da avvertirsi che il piano di vetro era tutto bagnato di acqua in occasione di portarsi su d'esso la torpedine e che questa su di lui si moveva e scivolava; vi aveva pertanto

si commoveva, e le zampe saltellavano riguardando colle dita la torpedine ad ogni scossa della torpedine, benché questa fosse distante da quello per due pollici incirca

Egli è però da avvertirsi che il piano di vetro era tutto bagnato di acqua in occasione di portarsi su d'esso la torpedine e che questa su di lui si moveva e scivolava; vi aveva pertanto

fra il tronco e la Torpedine
di comunicazione mediante
i corpi deferenti
nella stessa comunicazione
per la stessa ragione erano
le altre rane preparate.

47:

Varie Torpedini rane pre-
parate alcune collocate
sul dorso della Torpedine
altre che toccavano i di lei
lombi; altre su la coda

fra il detto tronco e la torpedine comunicazione mediante corpi
deferenti
nella stessa comunicazione per la stessa ragione erano le altre
rane preparate.

47: varie rane preparate alcune collocate nel dorso della torpedine
altre che toccavano i di lei lombi; altre su la coda

altre a qualche distanza
tutte si commovevano alla
scossa, ^{nell'atto che} quello che toccava
l'animale la sentiva, così che
vuopo è conchiudere quanto
siegue 48

Corollario

o varie ^{piccole} torrenti elettriche se-
condo ogni direzione facendo
circolo si partono e rientrano
nell'animale, od' una ^{sola} copiosa

altre a qualche distanza tutte si commovevano alla scossa, e nel-
l'atto che quello toccava l'animale la sentiva, così che vuopo è
conchiudere quanto siegue

48 corollario

o varie piccole torrenti elettriche secondo ogni direzione facendo
circolo si partono e rientrano nell'animale, od' una sola copiosa

e grande, che investe tutto
quanto la superficie dell'
animale massimamente nei
corpi elettrici, ed oltre passa
anche i confini del medesimo
fa lo stesso circolo

49:

I muscoli cadono in convulsioni
separati dal corpo
dell'~~animale~~^{a rana}, e reciso il loro
nervo. Parimenti vi cadono

e grande, che investe tutto quanto la superficie dell'animale massimamente nei corpi elettrici, ed oltrepassa anche i confini del medesimo fa lo stesso circolo

49: I muscoli cadono in convulsione separati dal corpo della rana, e reciso il loro nervo. Parimenti vi cadono

o si presenti al contatto della
Torpedine il solo muscolo
o il solo nervo
avvertimento

lo stesso avviene nella boccietta
di Leiden

50

Per quanto siano provati
i metalli più atti a svegliare
l'animale elettrico l'argento
per esempio posto in una
superficie il zinco nell'altra
l'argento

o si presenti al contatto della Torpedine il solo muscolo o il solo nervo

avvertimento

lo stesso avviene nella boccietta di Leiden

50 Per quanto siano provati i metalli più atti a svegliare l'animale elettrico l'argento per esempio posto in una superficie il zinco, nell'altra l'argento

mai si è ottenuta scossa
o più pronta, o più forte
anzi tutto all'opposto e
sempre stata più tardiva
e più debole.

Lo stesso avveniva se in
vece di far arco dall'un
metallo all'altro colle mani
si fosse tenuto per mano
un pezzo di metallo, e con
questo fossero toccati i metalli

mai si è ottenuta scossa o più pronta, o più forte anzi tutto all'opposto è sempre stata più tardiva e più debole.
Lo stesso avveniva se invece di far arco dall'un metallo all'altro colle mani si fosse tenuto per mano un pezzo di filo di metallo, e con questo fossero toccati i detti metalli

Era del pari ^{propoché} inutile l'
applicare ai detti metalli
l'arco metallico le rane ^{preparate} collocate
sopra la Torpedine rade volte
avveniva, che si movessero
frequentissimamente all'incontro
se arco facevasi o colle dita
della stessa mano, o con ambe
le braccia collocando cioè l'
l'una mano sopra una super-
ficie della Torpedine l'altra
sopra l'altra superficie

Era del pari pressoché inutile l'applicare ai detti metalli l'arco metallico le rane preparate collocate sopra la torpedine rade volte avveniva, che si movessero, frequentissimamente all'incontro se arco facevasi o colle dita della stessa mano, o con ambe le braccia collocando ciò è l'una mano sopra una superficie della torpedine l'altra sopra l'altra superficie

51:

Tagliato, e separato il ~~cuore~~
cuore dalla Torpedine' conti-
nuano le scosse, e le commo-
zioni delle rane preparate
o sia continua l'esistenza
l'azione e il circolo della
elettricità della Torpedine

51: Tagliato, e separato il cuore della torpedine continuano le scosse, e le commozioni delle rane preparate o sia continua l'esistenza, l'azione, e il circolo della elettricità della torpedine

52

Tagliata la testa Torpedine
cessò affatto ogni scossa
elettrica ogni contrazio-
ne delle rane

53

Lo stesso avvenne aperto
il cranio, e separato
ed estratto il cervello

52 Tagliata la testa [alla] Torpedine cessò affatto ogni scossa elettrica ogni contrazione delle rane

53 Lo stesso avvenne aperto il cranio, e separato ed estratto il cervello

54
corollario
da questi due esperimenti
come dall'esp
certanto ne siegue, che
il fabbricatore e raccoglitore
della elettricità della Torpedine
sia il cervello, e che da
quello perennemente si porti
cat'nerve ai corpi elettrici
ovvero, che la macchina elettri-
ca animale, che carica
i corpi elettrici, o ^{vogliamo dire} la batteria

54 corollario

da questi due esperimenti pertanto come dall'esp (32) ne siegue, che il fabbricatore, e raccoglitore della elettricità della Torpedine sia il cervello, e che da quello perennemente si porti pei nervi ai corpi elettrici ovvero, che la macchina elettrica animale, che carica i corpi elettrici, o vogliamo dire la batteria

elettrica nella Torpedine sia
il di lei cervello, e i conduttori
i nervi ~~di modo~~ di modo, che tolta
ogni comunicazione fra
quella e questi cessi ogni
nuova ~~carica~~, e la carica cessi
in conseguenza ogni nuova scossa
e contrazione nelle vare
preparate, e la carica, che
esisteva prima del taglio
siasi già esaurita colle

elettrica nella Torpedine sia il di lei cervello, e i conduttori i nervi di modo, che tolta ogni comunicazione fra quello e questi cessi ogni nuova carica, e in conseguenza ogni nuova scossa e contrazione nelle rane preparate, e la carica, che esisteva prima del taglio siasi già esaurita colle

molte e replicate scosse, che
accadono
nel taglio, e nel strofinamento
dell'animale fatto nell'atto
di tagliarlo.

Avvertimento

Converrebbe rifare l'esperimento
di Legrand aprire solamente
il cranio, e levare il cervello
avendolo noi in fatto in tempo
che l'animale era tutt'insieme
di dare le scosse. È però certo

molte e replicate scosse, che accadono nel taglio, e nel strofinamento dell'animale fatto nell'atto di tagliarlo

Avvertimento

Converrebbe rifare l'esperimento di aprire solamente il cranio, e levare il cervello avendolo noi fatto in tempo che l'animale era sul finire di dare le scosse. È però certo

che prima di detta operazione
dava ancora alcuna benché
languida scossa.

55

Corollario

Paragonando l'esp. 52 fatto
nella Torpedine, colla osserva-
zione comune fatta in tutti
ed anche nella stessa Torpedine
gl'animali che svenati, e
senza alcuna circolazione
di sangue, continuano a dare
moti nei loro muscoli.

che prima di detta operazione dava ancora alcuna benché languida scossa.

55 Corollario

Paragonando l'esp. 52 fatto nella Torpedine, colla osservazione comune fatta in tutti gli animali ed anche nella stessa torpedine che svenati, e senza alcuna circolazione di sangue, continuano a dare i loro moti muscolari i moti

o spontanei o eccitati dallo
stimolo, e per mezzo dei nostri
archi l'elettricità ^{dei corpi} ~~dei corpi~~
^{elettrici della Torpedine}
el'animale dei muscoli, sono simili
fra di loro.

Corollario

56

Ma paragonando poi l'esp.
52, 53 con ciò che avviene
negli ^{altri} animali fatta la stessa
e nella Torpedine stessa tentati
i medesimi esperimenti, l'e-
lettricità muscolare, e quella

o spontanei o eccitati dallo stimolo, e per mezzo dei nostri archi l'elettricità dei corpi elettrici della torpedine e l'animale dei muscoli sono simili frà di loro.

corollario 56

Ma paragonando poi l'esp. 52, 53, con ciò che avviene negli altri animali e nella torpedine stessa tentati i medesimi esperimenti, l'elettricità muscolare, e quella

della Tubulare nella Torpedine
sono dissimili

Il ~~l'~~ esperimento pertanto
51 stabilisce un punto di
simiglianza fra l'elettricità
muscolare comune a
tutti gl'animali, e la tube-
lare della propria della
Torpedine; e l'esp poi 52
53 un punto di dissimiglian-
za ed un carattere specifico
della Tubulare nella Torpedine

della tubulare nella torpedine sono dissimili

L'esperimento pertanto 51 stabilisce un punto di simiglianza fra l'elettricità muscolare comune a tutti gl'animali, e la tubulare propria della torpedine; e l'esp poi 52 53 un punto di dissimiglianza, ed un carattere specifico della tubulare nella torpedine

corollario

Il non dare alcuna scossa
 ne contrazione nelle rane
 la compressione, o il taglio
 de nervi ~~di~~ dei corpi
 elettrici, mettono un punto
 di somiglianza fra questi
 nervi, e quelli del cuore, che
 benché ~~punti~~, compressi tagliati, non
 inducono alterazione nel
 moto del cuore, ne eccitano
 la minima contrazione

avvertimento

L'esame diligente di
 questi nervi della Torpedine
~~con~~ e il loro paragone
 coi nervi del cuore potrebbe
 recar qualche lume circa
 l'azione di questi nervi,
 e l'influsso loro
 ed azione del cuore nel
 cuore.

57 corollario

Il non dare alcuna scossa ne contrazione nelle rane la compressione, o il taglio de nervi dei corpi elettrici, mettono un punto di somiglianza fra questi nervi, e quelli del cuore, che benché punti, compressi tagliati, non inducono alterazione nel moto del cuore, ne eccitano la minima contrazione

avvertimento

L'esame diligente di questi nervi della torpedine, e il loro paragone coi nervi del cuore potrebbe recar qualche lume circa l'azione di questi nervi e l'influsso loro nel cuore.

58

Corollario

Essendosi ottenute le scosse elettriche anche avulso il cuore, sembra, che il circolo della elettricità nella torpedine non dipenda solamente dalla volontà e sensibilità ma ancora dal meccanismo dell'animale non potendosi verosimilmente supporre volontà e sensibilità in un animale senza cuore e senza circolo di sangue e in conseguenza senza vita

58 Corollario

Essendosi ottenute le scosse elettriche anche avulso il cuore, sembra, che il circolo della elettricità nella torpedine non dipenda solamente dalla volontà, e sensibilità ma ancora dal meccanismo dell'animale non potendosi verosimilmente supporre volontà e sensibilità in un animale senza cuore e senza circolo di sangue e in conseguenza o senza vera vita

o senza quella vita almeno necessaria ~~per~~ per le sensazioni, e gl'atti della volontà.

59:

In una torpedine morta recentemente in cui il cuore stava in quiete e sembrò che egli venisse eccitato al moto dando una piccola scossa mediante l'arco, e il fregamento delle mani.

o senza quella vita almeno

necessaria per le sensazioni, e gl'atti della volontà

59: In una torpedine morta recentemente, in cui il cuore stava in quiete ci sembrò che egli venisse eccitato al moto dando una piccola scossa mediante l'arco, e il fregamento delle mani.

60

Corollario

Per avere la scossa non basta adunque il solo arco quando l'elettricità sia vivacissima ma vi si richiede in oltre l'urto la pressione forte dell'estremità dei nervi tubulari e cutanei come in tanti casi si osserva essere necessario oltre l'arco l'urto, la pressione ne tronchi nervosi muscolari, acciò si ottengano le contrazioni.

Nonna la scossa nelle estremità dei nervi della Torpedine si osser-

60 Corollario

Per avere la scossa non basta il solo arco, quando l'elettricità non sia vivacissima, ma vi si richiede in oltre l'urto la pressione forte dell'estremità dei nervi tubulari e cutanei, come in tanti casi si osserva essere necessario oltre l'arco l'urto, la pressione ne tronchi nervosi muscolari, acciò si ottengano le contrazioni. In somma nelle estremità dei nervi della torpedine si osser-

vano alcune proprietà dei tronchi nervosi muscolari degli altri animali.

61.

Corollario

Le scosse che si ottengono o facendo arco in qualunque parte della torpedine, o tagliando i piccoli rami nervosi della cute, de muscoli, de corpi elettrici mostrano vieppiù il commercio fra le estremità nervose e il pronto aggirarsi, circolare per esse.

vano alcune proprietà dei tronchi nervosi muscolari degli altri animali.

61. corollario

Le scosse che si ottengono o facendo arco in qualunque parte della torpedine, o tagliando i piccoli rami nervosi della cute, de muscoli, de corpi elettrici, mostrano vieppiù il commercio fra le estremità nervose e il pronto aggirarsi, circolare per esse.

L'accorere, che fa ^{al} le medesime
l'elettricità all'urto all'
impressione allo stimolo
^{corollario 61:}
Formano forse esse estreme
mità tanti archi, fra loro
& comunicanti, come veggiamo
ma, che abbisognano, che alcun
di loro sia reso migliore, e
ben continuato per la ~~pressione~~
pressione

e l'accorere, che fa alle medesime l'elettricità all'urto all'impressione allo stimolo
corollario 61:
Formano forse esse estreme mità tanti archi, fra loro comunicanti, ma, che abbisognano, che alcun di loro sia reso migliore, e ben continuato per la pressione

62

alcune volte è avvenuto
che si è ottenuta la scossa
e la contrazione della
rana nel rimuovere le dita
che facevan arco, o sia
nell'interromper l'arco

63

In due rane ^{preparate} e ~~avvenute~~ ^{avvenute} che
coi nervi recisi dalla spinal
midolla è accaduto che
dopo esser state applicate

62 alcune volte è avvenuto che si è ottenuta la scossa e la contrazione della rana nel rimuovere le dita che facevan arco, o sia nell'interromper l'arco
63 In due rane preparate, coi nervi recisi dalla spinal midolla è accaduto che dopo esser state applicate

applicaste sul dorso della
Torpedine, ed esser cadute
in varie contrazioni con
cui le scosse singolarmente
della medesima, sono parimenti
cadute nelle solite contrazioni
tenute pei piedi con due
deta di una mano, o con un fil
di seta indi applicaste i
nervi¹ alle deta dell'altra
mano inumidite dal tocca-
mento della Torpedine, e

applicate sul dorso della torpedine, ed esser cadute in varie contrazioni per le scosse singolarmente della medesima, sono parimenti cadute nelle solite contrazioni tenute pei piedi con due deta di una mano, o con un fil di seta, indi applicati i nervi alle deta dell'altra mano inumidite al tocco della torpedine, e

ciò nello spostare i nervi dalle
deta o sia nell'interromper
l'arco formato come è facile
di comprendere dalle due
braccia e dalla parte del
tronco corrispondente qual arco
come ognun vede era
applicato con una estremità
ai piedi coll'altra ai nervi
64
Questo fenomeno durò più
tempo e fu più marcato
in quella delle due rane,

ciò nello spostare i nervi dalle deta, o sia nell'interromper l'arco formato come è facile di comprendere dalle due braccia, e dalla parte del tronco corrispondente, qual arco come ognun vede era applicato con una estremità ai piedi coll'altra ai nervi
64 Questo fenomeno durò più tempo, e fu più marcato in quella delle due rane,

che era caduta in convulsioni
alla sola applicazione al
dorso della Torpedine, senza
ch'è se ne eccitavano le
scosse.

65

avvenuto una volta il fenomeno
meno ^{non compariva} ~~non compariva~~ altre
volte, forse l'elettricità
della torpedine, aveva indebolito
la forza di contrazione
dei muscoli, come fu o alterata

che era caduta in convulsione alla sola applicazione al dorso della
Torpedine, senza ch'è se ne eccitassero le scosse.

65 Avvenuto una volta il fenomeno non compariva altre volte, >
forse l'elettricità della torpedine entrata nei nervi, aveva indebolito
la forza di contrazione dei muscoli, o alterata[to]

cioè che aveva le rane
& l'evincuto le molte contrazioni
contrazioni di dare ad ogni
scostamento dei nervi ^{dalle dita} una contra-
zione, lo che faceva per molte
e molte volte non mi fu
possibile di rivedere lo stesso
benche tornassi su la torpedine
la rana, e la facessi cadere
in nuove contrazioni, e indi
rifacessi l'esperimento.

> cioè terminato che aveva la rana di dare ad ogni scostamento
dei nervi dalle dita una contrazione, lo che faceva per molte e
molte volte non mi fu possibile di rivedere lo stesso benché tor-
nassi su la torpedine la rana, e la facessi cadere in nuove contra-
zioni, e indi rifacessi l'esperimento.

il nervo in modo che ad un arco di si poco valore, come è l'indicato, non più nascevano le contrazioni. Si svegliavano però le sud[ette] applicata la rana su la Torpedine, ed eccitatore le scosse.

66: corollario
Siccome ad un tal arco io non ho mai vedute nelle moltissime rane da [me] tentate ne miei soliti esperimenti nascere tante contrazioni e si costanti

non sarebbe forse fuor di ragione il congetturare, che si fosse comunicata qualche elettricità della Torpedine alla rana e si fosse caricata la boccietta animale

Corollario
67

Potrebbe forse ancora essersi scaricata [la boccetta], e dar luogo in conseguenza a nuova carica, e quindi a nuove

non sarebbe forse fuor di ragione in congetturare, che si fosse comunicata qualche elettricità della torpedine alla rana e si fosse caricata la congetturata boccietta animale

Corollario 67

Potrebbe forse ancora essersi scaricata [la boccetta], e dar luogo in conseguenza a nuova carica, e quindi a nuove

contrazioni. Sembra però
più verisimile la prima
congettura.

68

Comunque la cosa sia tutta
la mutazione è stata fatta
nella rana, non altrimenti
nella dita o mano di chi
avevano toccato la torpedine
mentre bagnò e inumidito il
dorso della mano che era

contrazioni. Sembra però più verisimile la prima congettura.
68 Comunque la cosa sia tutta la mutazione è stata fatta nella rana,
non altrimenti nelle dita o mano che avevano toccato la torpedine
mentre inumidito il dorso della mano che per

certo non aveva toccato la torpe
dine e infatti l'esperimento
l'epilo fu il medesimo

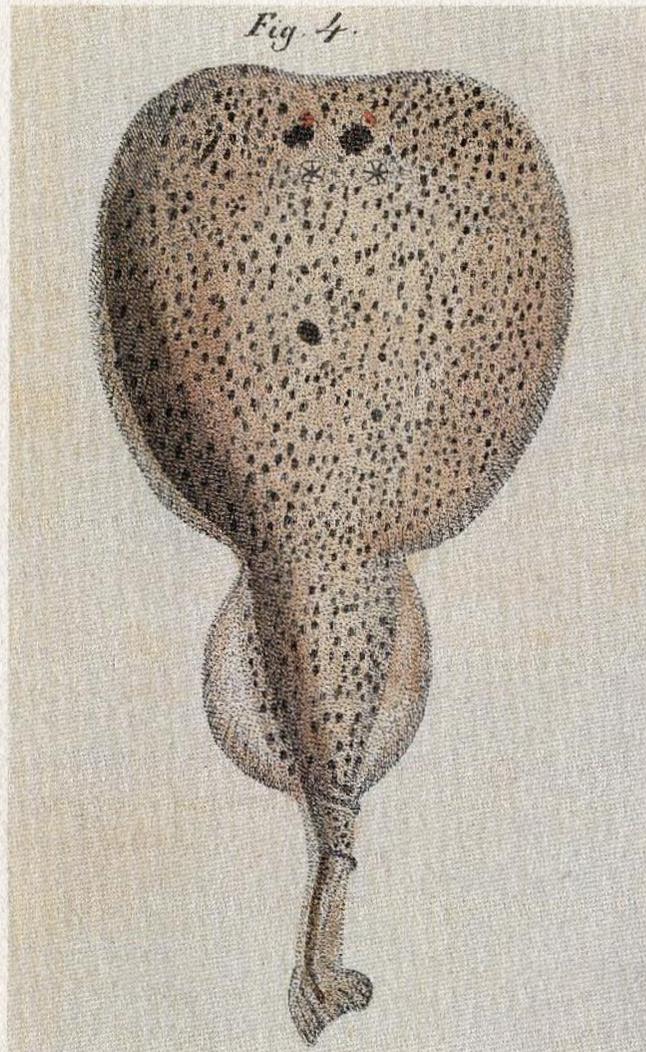
certo non aveva toccato la torpedine e rifatto l'esperimento l'esito fu
il medesimo

Il primo contatto con la torpedine è fatto di semplici *toccamenti* (1-10*). Essi vanno interpretati tenendo presenti alcuni riferimenti concettuali che guidano costantemente la ricerca galvaniana sull'elettricità animale: soprattutto l'analogia *torpedine-bottiglia di Leida*. Sarà quindi utile ricordare che la bottiglia di Leida è un recipiente di vetro rivestito sia all'interno che all'esterno di un'*armatura* di stagnola. Internamente l'*armatura* è collegata con un'*asticella* metallica che fuoriesce dall'imboccatura del recipiente. Caricata di elettricità, attraverso l'azione di un *elettroforo* per esempio, la bottiglia mantiene uno *sbilancio* a causa della proprietà isolante del vetro. Franklin per primo chiamò *positiva* l'elettricità più abbondante interna e *negativa* quella meno abbondante della superficie esterna e dimostrò, costruendo un quadro piatto fornito allo stesso modo della bottiglia (vetro e armature), che la forma concava è influente. La scarica ha luogo quando, avvicinando un conduttore, come è un dito, alla bottiglia o al quadro, esso acquista una carica opposta tanto più forte quanto più viene avvicinato, finché una scintilla non ristabilisce l'equilibrio scaricando entrambi. Nell'esperienza 1 sembra proprio che Galvani avvicini il dito come lo farebbe a una bottiglia di Leida carica, e ne riporta una sensazione "*simile a quella che dà la scintilla elettrica*". La scossa viene impartita dopo fregamenti, stropicciamenti o compressioni sulle parti interne dell'animale (2) e anche col solo contatto monopolare (3); le scosse però sono più facili e frequenti quando si fa arco con le dita tra la superficie superiore e quella inferiore dell'animale, intese come poli positivo e negativo.

Proprio così Franklin aveva spiegato la bottiglia di Leida: c'è un passaggio di elettricità quando si mettono in contatto con un arco conduttore i due poli opposti fino al ristabilimento dell'equilibrio. Ripetendo le esperienze di Walsh, Galvani conferma la funzione che l'arco conduttore svolge nel circuito elettrico della torpedine. Quando essa è immersa, il conduttore è "*il vastissimo mare*"; quando è fuori, sopperisce qualsiasi altro conduttore, come l'arco metallico o la stessa mano. Dal che "*clarius perspicies summam similitudinem, quae intra huius animalis organa, et leidensem phialam intercedit*"¹. Non solo; anche le duplici sensazioni di scossa e di scintilla giocano a favore di questa analogia.

L'idea di avere per le mani una *bottiglia di Leida* vivente è al centro della preoccupazione teorica di Galvani e lo accompagna lungo tutti gli esperimenti. La scossa è impartita se le dita vengono tenute costantemente a contatto (5) e anche nell'attimo in cui si scostano o viene interrotto l'arco (6, 68). Piegando la torpedine, e quindi comprimendo il fluido che essa contiene (7) si avvertono scosse più costanti; scosse da ogni punto dei corpi elettrici (8), sempre facilitate dall'arco del quale un estremo sia in contatto con uno di essi (9); scosse anche da ogni parte del corpo della torpedine, alla medesima condizione (10); scosse più

¹ In questo capitolo le citazioni galvaniane in italiano provengono dalla *Memoria Quinta*, cit.; quelle in latino dalla *Dissertazione latina*, in *Memorie dell'Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna*, 1868, serie II^a, t. 9.



"... *Torpedo marmorata*, variamente chiazata di bianco e marro-
ne..." (pag. 39) in una illustrazione settecentesca; coll. Paolo Lavatori.

forti nella mano che resta ferma collegando organi e ventre, rispetto a quella che stropiccia l'animale per provarle (10*).

All'esperimento 11 si deve un primo importante accertamento. Galvani lo commenta così: "*A ogni ferita o piccola, o grande, o superficiale, o profonda, provai nella mano, che io teneva applicata alla superficie dell'animale, allorché con l'altra lo feriva, l'ingrata sensazione or di scintilla, or di scossa.*" Ma se le scosse sono dappertutto e non solo negli organi elettrici, e più frequenti sul dorso e sulla cute, "*fa di mestieri che i conduttori da cui esce questa stessa elettricità siano sparsi per tutto l'animale; che sieno inoltre in numero maggiore nella cute*" o meglio "*che comunichino cogli organi elettrici, ai quali soltanto appartiene il dare una tale elettricità*". Questi conduttori sono quegli stessi nervi dei quali una parte si dirama ai muscoli e alla cute; dunque, "*meravigliosa e inaspettata conseguenza*", questi nervi sono "*atti a condurre una doppia elettricità*", quella comune a tutti gli animali e quella specifica degli organi elettrici. Si può anche stabilire il paragone con le rane, nelle quali similmente le scariche provengono più facili dal dorso che dal ventre (12) e diversamente però è più difficile suscitare, perchè alla rana occorre applicare l'armatura se si vuole registrare con l'arco collegato passaggi di fluido elettrico mentre nel pesce basta far arco con le dita (13).

L'esperimento che segue riguarda la capacità dell'elettricità della torpedine di stimolare il battito cardiaco. Già una quarantina d'anni prima Caldani l'aveva segnalata a von Haller e all'Accademia delle

Scienze dell'Istituto di Bologna dopo una serie di effe-
rati esperimenti su ogni specie d'animali: " *Sembra
che questa abbia forza di accrescere i movimenti del
cuore*", scriveva². Del resto fin dal suo primo affac-
ciarsi l'ipotesi dell'elettricità animale aveva contato
proprio sull'efficacia del fluido elettrico nell'irritare i
muscoli. Galvani ora può provare addirittura l'elettri-
cità della torpedine come stimolatore cardiaco.
Sistema un cuore³ che ha appena cessato di battere sul
dorso della torpedine, eccita la scossa e stimola la
ripresa delle pulsazioni (14). Questo esperimento
richiama l'altro (59) in cui Galvani con stimolazioni
esterne, arco e sfregamento, ha l'impressione di rimet-
tere in movimento il cuore di una torpedine morta da
poco.

Comincia adesso una lunga serie di prove (11-15 e
altre seguenti) nelle quali lo sperimentatore si serve di
rane applicate alla torpedine come esploratrici di elet-
tricità. Non venga sottovalutato o ridotto a grottesca
empiria questo saltellare delle rane sulla torpedine: "È
estremamente suggestivo", afferma Niels Bohr, "pen-
sare che il germe che nelle mani di Volta, Oersted,
Faraday, Maxwell si è sviluppato dando origine a una

² in Galvani, *Opere scelte*, cit., p. 109.

³ Questa è uno delle letture meno chiare del taccuino. Gherardi
esclude che il cuore posto sul dorso della torpedine possa essere il suo
stesso cuore. Basandosi su alcune incertezze del taccuino e accostando
questo esperimento a quello citato nella *Memoria quinta* a Spallanzani,
egli ritiene di poter leggere che il cuore estratto e stimolato sia il cuore di
una rana; *Di due preziosi mss. del Galvani sulla torpedine*, in *Memorie*,
cit.

*struttura comparabile per importanza alla meccanica
newtoniana, sia scaturito da ricerche aventi per
oggetto i fenomeni biologici. Riesce infatti difficile
immaginare come avrebbe potuto venire realizzato il
passaggio dagli esperimenti con corpi elettricamente
carichi...allo studio delle correnti galvaniche, qualora
i sensibili strumenti per la rilevazione di quelle cor-
renti, in seguito facilmente costruiti, non fossero stati
forniti dalla natura stessa nel tessuto nervoso degli
animali"*⁴.

Ecco dunque che la rana si mette a saltare al
momento della scossa che la torpedine le trasmette
(15); preparata poi *alla solita maniera* dà in convulsio-
ni forti e frequenti anche quando le scosse sono imper-
cettibili alla mano (16); a contatto coi lembi del pesce
le rane cadono in convulsioni; l'azione dell'elettricità
infatti si produce "più prontamente e con maggiore
efficacia dal contatto dei lembi, o delle punte, o degli
angoli dei corpi conduttori"⁵ (17); le contrazioni si tra-
smettono dalla torpedine alla rana e da questa a un'al-
tra rana col contatto (18, 45 e seguenti); le scosse tra-
smettono movimenti alle rane anche contemporanea-
mente da diversi punti della superficie del pesce (19).
In più la rana continua a muoversi da sola se, opportu-
namente sollevata, le molte scosse ricevute abbiano
caricato d'elettricità i muscoli, "supposte bocciette",
come lo farebbe con una bottiglia di Leida (20).

⁴ Niels Bohr, *Biologia e fisica atomica*, 1937, in *I quanti e la vita*,
Boringhieri 1965.

⁵ *Trattato*, cit., p. 385.

Tutti questi esperimenti sono fin qui rivolti al controllo dell'elettricità propria della torpedine; Galvani si è solo limitato ad affermare che il pesce è fornito anche del fluido comune a tutti gli animali, che assolve alle funzioni del movimento, della sensazione e in generale della vita. In questo esperimento 21 invece egli indaga proprio la presenza di fluido nei nervi e nei muscoli, rafforzandone l'attività con armature, e ottiene moti muscolari. "Se questi stessi muscoli", ragiona, "come per esempio quelli che si incrociano nel ventre, si armino con armature metalliche eterogenee, ed a queste si applichi l'arco metallico⁶, si contraggono per tale artificio non meno che i muscoli degli altri animali; poco, o nulla poi se le dette armature siano omogenee, per nulla assolutamente se l'arco venga interrotto da qualche sostanza coibente; fenomeni tutti, e proprietà che appartengono...alla elettricità muscolare comune a tutti gli animali". Trova allora dimostrazione l'esistenza - prima solo presupposta - di "due elettricità nella Torpedine, di una sua propria e particolare, e dell'altra comune a tutti gli animali".

Il resto, fino alla fine della prima giornata senigalliese, non sono esperimenti, ma constatazioni di vario genere: che la torpedine, al pari della rana, ha tempi di ricarica (22); che la facoltà di dare la scossa "fin ora"

⁶ Nel *Commentario* Galvani riferiva di aver osservato che la forza dell'elettricità animale "si accresce molto coll'ausilio della così detta armatura, fatta di quegli stessi metalli, con cui i fisici hanno l'abitudine di armare i corpi vitrei e resinosi". La sua tesi, come si è detto, è che il contatto di metalli eterogenei rafforzi, ma non determini il circuito elettrico animale.

sembra cessare col finire della vita (23), cosa che verrà smentita in esperimenti successivi (35-36, 51). Due altre considerazioni sono scritte in forma di appunti, entrambe a rinforzo delle idee galvaniane contro l'elettricità dei metalli alla quale crede Volta. In particolare se l'elettricità animale fa arco a terra vuol dire che lo sbilancio spinge il fluido dell'*animale-bottiglia* all'esterno attraverso il conduttore applicato; se fossero invece i metalli a provocare lo sbilancio il flusso andrebbe dall'arco metallico esterno all'animale isolato nella direzione opposta e senza arco a terra. Inoltre - ecco qui ribadita una risposta alle prime confutazioni di Volta - la lunghezza dell'arco è, per l'elettricità animale, ininfluenza rispetto alla trasmissione del fluido, mentre lo stesso non è provato che avvenga per la trasmissione della supposta elettricità dei metalli (24); per lo stesso motivo l'elettricità non proviene ai nervi dai muscoli, ma al contrario sono i nervi che la dispensano; così senza bisogno di formare l'arco, ma col semplice contatto, viene trasmesso il fluido elettrico dalla torpedine come dalla bottiglia al solo tocco di un dito (25).

"*Tornando in carriera*" - Galvani non concede molte riflessioni espressamente dirette alla controversia - "dopo aver dimostrato l'esistenza di queste due elettricità nella Torpedine", la "tubulare" e la "muscolare", come le chiamerà più avanti, "rimaneva da cercarsi se comune fosse ad ambedue l'elaboratorio, e così se comuni loro fossero i conduttori, oppure se ciascuna avesse i suoi propri e particolari". Poteva già affermare, dall'esperimento 11, che i nervi che trasportano alle parti periferiche e alla cute l'elettricità

che dà la scossa erano in contatto con quelli degli organi elettrici, anzi erano gli stessi nervi che si diramavano qui e là. Il resto però andava indagato. *“Mi posi pertanto con ogni diligenza a cercare e ad esaminare in primo luogo l'origine degli altri nervi, e di quelli singolarmente che si portano ai muscoli, per veder pure se dessa era differente da quella degli organi elettrici. Ma ritrovai che tale origine era la stessa, mentre si questi nervi che quelli partono egualmente dalla sostanza midollare del cervello”*. Sono fatti così: *“Tres maxime insignes nervorum trunci”*⁷ vanno agli organi elettrici. Ciascuno di essi, dice la dissertazione latina, nasce da certi rigonfiamenti del cervello costituiti di sostanza midollare; procedono poi *“obliquo tramite”*, *“latentes”* attraverso varchi stretti che si aprono entro specie di protuberanze branchiali; usciti di lì vanno a collegarsi coi corpi elettrici e si distribuiscono in derivazioni pressoché infinite e in sottilissimi filamenti che vanno a insinuarsi tra i prismi; osservati attentamente al microscopio, si vedono distribuirsi in modo tale che l'uno o l'altro dei filamenti nervosi si porti non verso uno dei prismi, ma verso ciascuno di quegli esagoni piatti che compongono uno stesso prisma. Dal primo di questi tronchi nervosi si dirama un'altra derivazione che avvolge la superficie convessa degli organi elettrici e si inserisce nella cavità cartilaginosa corrispondente; esce poi e

⁷ Gherardi commenta che tre tronchi nervosi siano considerati *“maxime insignes”*, ma che in tutto se ne contano quattro, come si vede dall'osservazione anatomica

finisce a quei muscoli che chiamano *falcati*. Un ramo notevole parte anche dall'ultimo paio di nervi e si porta verso i muscoli dorsali. Altre derivazioni vanno verso la testa. Esiste dunque un'unica architettura nervosa. Se è così, vogliamo allora *“credere che il medesimo nervo contenga due sottilissimi fluidi d'indole diversa, e che questi due fluidi differenti scorrano contemporaneamente pel medesimo nervo? Converrà piuttosto dire che nei nervi sia lo stesso il fluido che ricevono dal cervello, e che conducono alle parti nelle quali pongon termine”*.

La seconda giornata d'esperimenti, il 16 maggio, riprende con l'approfondimento delle esperienze già fatte il giorno precedente, a partire da quella sul circuito esterno della torpedine esposta al punto 4. Si era detto che facendo arco tra le due superfici la scossa era più facile o frequente. Adesso (26-29) vengono definite alcune circostanze nelle quali, pur isolata, la rana percepisce la scossa, e altre nelle quali per ottenere lo stesso effetto è necessario chiudere il circuito.

Poi avviene un fatto sorprendente (30), il cui commento lasciamo ancora al racconto di Galvani. *“Trovando tanta forza di elettricità negli organi più volte nominati di questo animale, che per mezzo di essi si ottiene e marcata sensazione di scintilla, e persino di scossa elettrica, nulla ricercai con maggior studio e diligenza che ciò avvenisse comprimendo, e tagliando alcuno di que' grossi cordoni nervosi che si trasferiscono ai medesimi organi; il che determinai di fare nel primo paio o cordone dei predetti nervi, come quello, che, scorrendo sopra una cartilagine, è perciò il più atto ad essere compresso e tagliato. M'accinsi per-*

tanto su di questo all'opera divisata, non senza qualche timore di ricevere una forte scossa nella mano, che teneva io a bello studio sopra l'organo elettrico corrispondente allo stesso cordone nervoso. Quand' ecco, con non poca mia sorpresa, fortemente e replicatamente compresso contro la detta cartilagine il surriferito cordone, ed infine tagliatolo, non solamente non ebbi la consueta gagliarda scossa, ma neppure la minima sensazione o di scintilla, o di altra elettrica impressione. E donde mai può nascere un sì straordinario fenomeno, se non dall'essere il fluido contenuto nei nervi di questi organi, prima che sia dai medesimi accumulato ed elaborato, lo stesso affatto che scorre negli altri nervi, incapace perciò di risvegliare la menoma elettrica sensazione?" Incapace di dare la scossa, ma non di far contrarre le rane (31), perché il circuito elettrico comunque c'è e le rane, diversamente dai nostri organi di tatto, le rivelano.

"Ne viene come indubitata conseguenza che tutta la varietà tra questo fluido raccolto in detti organi, e quello contenuto nei muscoli, nasce realmente dalla diversa struttura e organizzazione delle parti che lo ricevono; le une lo raccoglieranno e modificheranno in una data maniera, le altre in un'altra". Se una differenza c'è, essa si deve solo alla "diversa copia" di fluido che viene portato agli organi che lo modificano, elettrici o muscolari. Come avviene questa trasformazione? "Confesserò di non saperlo", ammette semplicemente Galvani.

Il 17 maggio è la terza e ultima delle giornate senigalliesi occupate nell'esame delle torpedini. Giornata conclusiva, perché vi giunge a compimento il percor-

so sperimentale con l'accertamento della fonte del fluido elettrico. "Avendo dunque avute in mio possesso alcune vive torpedini", continua il racconto, da una di esse "recisi ... una porzione del ... corpo che conteneva tutto intero l'uno dei due organi elettrici, lasciando intatta e naturale l'altra che conteneva l'altro organo unito a tutta la testa. Cercando indi i segni elettrici sì dell'uno, che dell'altro organo, li trovai in quello rimasto unito all'animale, ma nell'altro staccato non mi fu possibile rinvenirne (32-34). "Dunque, dissi io allora meco stesso, la separazione di questo organo elettrico dal cervello mediante il taglio dei nervi, gli toglie ogni elettricità: sembra adunque egli verosimile che tale elettricità gli venisse dal cervello" (38-39). "Ma non volli affidare a questo solo esperimento la decisione della cosa, mentre un tal corpo, separato dall'animale, divenendo un corpo morto, poteva più per la mancanza della vita, che per altra cagione essergli tolta ogni forza elettrica."

Cosa intende dire Galvani con questa osservazione? Come può pretendere di indagare quest'"altra cagione" se separa una parte del corpo vivente e ne fa un "corpo morto"? Può farlo soltanto se considera la funzione dell'organo elettrico autonoma e accessoria rispetto ai processi vitali, all'economia dell'animale. In realtà Volta la vede proprio così. Ma Galvani conosce bene la difficoltà di sottoporre a indagine le parti di un essere vivente separandole dalla sua unità proprio mentre lo scopo dichiarato è di scoprirne il dinamismo organizzatore e non una semplice funzionalità meccanica. Scoprendo un'unica fonte per le due elet-

tricità egli si trova proprio in questa situazione: gran parte della sua sperimentazione si tiene in un esiguo spazio crepuscolare, su un bordo incerto e transitorio dove egli scandisce alcuni “*gradi di morte*”, in base alle risposte che ottiene. Il concetto di *irritabilità* che domina le conoscenze neurologiche del sette-ottocento ne rende ragione: in buona sostanza esso non significa altro che “*reattività agli stimoli*”, “*sensibilità ai mutamenti*”⁸ e tende a farsi discriminare tra vivente e non vivente prescindendo da dichiarazioni formali. Il galvanismo è la proprietà organica della quale l’irritabilità è un test reattivo. Facendo attenzione al lessico non abbiamo allora difficoltà a comprendere il testo e il contesto: quando Galvani parla di “*una vegeta torpedine*” può intendere che è *viva, vivace*, ma la sua preoccupazione è che il suo organo o le sue parti separate siano *reattive*, e in sostanza, ancora piene di fluido elettrico. Come potrebbe altrimenti definire “*vegeta*”⁹ una rana che, tagliata a metà e spellata si agita per conseguenza dello stimolo elettrico, se non avesse in

8 P.B. e J.S. Medawar, *Da Aristotele a zoo*, Mondadori 1983.

9 Leggiamo, per esempio, nel Trattato, cit., p. 373: “*Per conoscere la forza e la prontezza delle contrazioni in una rana, o in un animale a sangue caldo, come in un agnello o in un vitello, preparati nella maniera proposta dal Galvani, basta applicare una piccola striscia di foglia di stagno al nervo crurale, un'altra simile striscia d'ottone alla gamba denudata, indi, stendendo queste due strisce sopra di un piano coibente, porle a contatto; vedrassi tosto la gamba, ove le forze dell'animale sien vegete, spiccar salti non piccoli*”. Secondo il modo di vedere di Galvani, i muscoli della rana e degli altri animali morti mantengono forze *vegete*, ossia il loro naturale sbilancio, che, come bottiglie di Leida cariche, poste a contatto di un arco eterogeneo, circolano provocando contrazioni.

mente quest'altro senso e, nel suo contesto specifico, non la intendesse ancora “*capace di circolo e di sbilancio?*”

Comunque gli esperimenti avevano rischiarato altri fenomeni. Fino alla prova 23 le torpedine non avevano mostrato di poter mantenere la facoltà di dare la scossa oltre la fine della *vita*. Adesso invece, cessato il moto del cuore e *morta* la torpedine, Galvani può constatare che le scosse continuano, le rane continuano a muoversi, continua a esistere un'attività elettrica (35-37, 51). Dunque, dalla combinazione delle reazioni ottenute, egli ricava (40) che gli organi elettrici non sembrano avere alcuna disposizione a conservare l'elettricità perché la loro attività cessa istantaneamente con l'interrompersi dell'ultimo collegamento col cervello; i muscoli invece sembrano più capaci di mantenere una azione elettrica, come dimostrano le infinite prove sulle rane e, nel corso degli esperimenti senigalliesi, l'esperimento 20.

Ecco ancora nuovi accertamenti sulla fisiologia e sul dinamismo della torpedine: i due corpi elettrici sono in comunicazione tra loro attraverso i nervi (41); i corpi elettrici sono in contatto anche con le parti periferiche dell'animale (43), come si vede quando le scosse ne provengono (42) o anche quando vi sono inibite (44).

Si chiude qui il soggiorno di Galvani nella casa senigalliese del dottor Battaglioni. Il diario è sospeso per il giorno del trasferimento a Rimini e subito ripreso il successivo per due giornate senza che ne riporti la scansione temporale.

Le prove sembrano riprendere dall'inizio con la

collocazione del pesce elettrico su un piano isolante: a Senigallia era una tela cerata, a Rimini un piano di vetro, che però è bagnato, trasmette elettricità e provoca i moti delle rane (45-46). Viene confermato il circuito esterno della torpedine, che le rane avvertono (47-48), si tratti di circuiti di una "torrente" locale e debole, o di un flusso unico e potente; il fluido esce dalla torpedine, attraversa i corpi deferenti e vi rientra secondo le leggi dell'elettricità animale stilate nel *Trattato*, e Galvani non tralascia di avvertire che questo succede anche nella bottiglia di Leida (49). Trova anche nuove disconferme dell'avversa teoria del contatto dei metalli: metalli posti sulle superfici opposte del pesce non ne intensificano l'attività elettrica, anzi la riducono; diversamente da quanto si riteneva, nemmeno l'arco metallico applicato alle armature stimola le scosse mentre l'arco delle mani costringe le rane a spiare scariche ben più vivaci (50).

Adesso però viene il momento delle prove conclusive alle quali Galvani aveva rinviato per accertare definitivamente da dove venisse il fluido elettrico. *"In un'altra torpedine tentai la cosa in quest'altro modo. Svolsi prima dalla medesima il cuore (51), indi esaminai diligentemente se più dava alcun segno di elettricità: mi avvidi darne benissimo, e maneggiandola provai scosse e irritamenti, benché piccoli"*; non tanto piccoli però che le rane non li segnalassero. Tagliando la testa invece (52) le scosse cessavano del tutto, e lo stesso avveniva estraendo il cervello (53). Adesso sì che lo sperimentatore può pervenire alle conclusioni. *"Se dunque, svelto il cuore, l'elettricità perdura ancora, mentre svelto indi il cervello, sparisce del tutto,*

prova certa è che l'elettricità dell'animale dal cervello ha suo primario essere". Il cervello è *"la batteria elettrica della torpedine"* e i nervi ne sono i conduttori; l'organo elettrico, che abbiamo già visto incapace di trattenere il fluido, separato dal cervello, lo esaurisce rapidamente e resta spento (54).

Un estremo scrupolo e qualche altro aspetto da chiarire restano comunque. La torpedine alla quale viene estratto il cervello è morente; si dovrà provare ancora su una torpedine integra per più definitive certezze. Per questo, prosegue Galvani, *"pregai il suddetto dottor Battaglioni che rinnovasse lo sperimento della estrazione del cervello a una torpedine viva, con tutta la delicatezza sua, onde il circolo del sangue soffrisse la minore alterazione possibile. Mi compiacque egli cortesemente, e con tale circospezione e diligenza trasse dall'animale il cervello che, riposto nell'acqua, non solo si mosse esso prontamente, ma vi guizzò quasi al naturale; non ostante però tanto vigore di forze di circolazione e di vita, non gli fu possibile ottenere dal medesimo alcuno degli indicati segni d'elettricità"*.

Galvani può trarre come corollario del lavoro sperimentale svolto una rete di analogie. Come si è visto al punto 51 (il *Taccuino* scrive 52 ma si tratta evidentemente di una svista), le due elettricità *muscolare* e *tubulare* sono simili tra loro (55) quando entrambe perdurano oltre l'asportazione del cuore: sono invece dissimili quando la seconda cessa immediatamente al taglio della testa e all'asportazione del cervello (56). Analogia anche tra i nervi dei corpi elettrici (come si è detto ai punti 30, 32, 34) e quelli del cuore (57). Altre

analogie osservando che l'azione combinata di arco, urto, compressione sulle estremità dei nervi desta una pur languida scossa, proprio come quell'azione sa eccitare le contrazioni della rana se è portata sui tronchi nervosi (60). Le azioni compiute sulla torpedine attestano il circolo dell'elettricità per le estremità nervose (61) e archi comunicanti tra loro (61*).

È però questo persistere di fenomeni elettrici oltre la cessazione cardiaca a richiamare l'attenzione, in chiusura del *Taccuino*, su fatti e conoscenze acquisite già da tempo e a rinnovarne l'interrogativo. Le articolazioni logiche implicate sono notissime a Galvani, che le ha organizzate e poste a fondamento delle proprie ricerche sull'azione dell'elettricità sui nervi fin dal 1782¹⁰. Tutti gli anatomici assegnavano ai nervi la facoltà di rendere attivi la sensazione e il movimento. Come l'una dipende - aveva osservato Galvani - sia dal principio fisico dei nervi che da quello spirituale dell'animo, così pure l'altro è "naturale e spontaneo", oppure anch'esso sottoposto al "volere dell'animo", con la differenza però che i movimenti volontari (*dell'animo*) appartengono ai muscoli, quelli spontanei invece restano chiusi ai nervi. Con la differenza, soprattutto, che la sensazione è manifesta solo in chi la prova, mentre il movimento si rende manifesto all'osservatore. Chi intende mettere alla prova l'attività elettrica del nervo dovrà separare la causa della volontà da ogni altra causa di moto, in modo da poter discernere

¹⁰ Galvani, *Saggio sulla forza nervea e sua relazione con l'elettricità*, in *Opere scelte*, cit., p. 124.

bene le funzioni meccaniche del movimento delle quali essa si serve.

Questa separazione si può ottenere, come qui (58), negli animali morti, quindi privi di volontà; nell'animale preparato infatti la volontà è surrogata dall'accumulazione di fluido elettrico nell'insieme nervo-muscolo il cui sbilancio, scaricato, determina le contrazioni. Questo permette di controllare in che modo l'elettricità animale sia da porre al centro dell'economia del vivente: ogni movimento, sia volontario che "naturale e spontaneo" o addirittura "preternaturale e violento" reclama il circuito che gli compete, in cui per eccitare i moti muscolari "l'anima non deve che, dal cervello ov'ella risiede, colla meravigliosa sua e incomprendibile forza ed impero determinare una maggiore copia di fluido elettrico animale, nel cervello raccolto, pel nervo conduttore al muscolo, oppure dar forse un impulso maggiore a quello, che naturalmente in esso esiste"¹¹.

Ma queste considerazioni, presenti in molti passi dell'opera galvaniana, non sono materia d'esperimento né nota di un taccuino.

¹¹ Galvani, *Lettera a Don Bassiano Carminati*, in *Opere scelte*, cit., p. 329.

V.
DOPO QUESTE PROVE

*“Dopo queste prove, chi può tuttavia dubitare che il fabbricatore, ed il raccoglitore di tale elettricità dal sangue non sia il cervello, e che i nervi non ne siano i naturali conduttori?”*¹ Nessuno in effetti aveva più dubbi. Una descrizione ormai completa della fisiologia dell'elettricità animale forniva l'opportuna collocazione al risultato della prova cruciale del contatto elettrico delle sole parti organiche della rana: elettricità intrinseca alimentata dal sangue e dalla respirazione, separata nel cervello, trasmessa per i nervi, accumulata nei muscoli e mantenuta sbilanciata tra questi e quelli.

Ma Volta non era restato inerte. Proprio a partire dal giugno del '95 - Galvani era tornato da poco dal suo viaggio - aveva infatti organizzato stavolta una controffensiva in grande stile, che non si limitava più a porre in dubbio le tesi altrui, ma intendeva reagire attivamente con nuovi esperimenti e nuovi apporti teorici a vantaggio delle proprie.

Ammetteva il torto: *“Sono andato io troppo avanti asserendo che non si potrebbe mai, coll'applicazione di soli conduttori umidi, ossia di seconda classe, senza*

¹ Galvani, *Memoria quinta*, in *Opere scelte*, cit., p. 479.

l'intervento cioè di alcun metallo, o conduttore di prima classe, eccitare le convulsioni nelle rane"². Ma riconfermava la teoria del contatto, anzi la correggeva per rafforzarla, adattandola proprio alle esperienze di Valli e di Galvani: non solo il contatto di metalli diversi, ma più in generale il contatto di conduttori eterogenei, anche non metallici, genera correnti elettriche. E in questa teoria rinnovata non c'era comunque spazio né per il cervello, né per lo sbilancio intrinseco: nella rana il contatto di nervo e muscolo, conduttori eterogenei, mediato da un terzo conduttore, umore sanguigno o umidità delle parti, provocava le convulsioni.

Questa teoria generale spiegava adesso ogni esperimento di Galvani senza scomodare alcuna elettricità animale: *rana-arco bimetallico, nervo-muscolo-arco monometallico, nervo-muscolo-umore* erano sempre tre conduttori eterogenei a contatto e l'origine del disequilibrio e del passaggio di fluido veniva da quel contatto.

Però - questa era l'implicita dipendenza di Volta dagli esperimenti galvaniani - non si poteva provare niente che non includesse una rana che si muove nella catena. Come dimostrare, per avere una teoria veramente generale e completa, che tre conduttori a contatto tra loro producono il circolo se non c'era una rana saltellante a rivelarlo? Le correnti potevano essere debolissime e difficilmente si poteva trovare un elettrometro altrettanto sensibile, che inoltre non fosse sospetto di alterare con la propria presenza l'azione

² Volta, in Pera, op. cit, p. 149.

del trittico che si voleva registrare.

Fu necessario più di un anno perché Volta mettesse a punto la sua prova cruciale, che consisteva nella rilevazione di segni elettrici con strumenti non organici, come il *condensatore di Nicholson*, ma alla fine riuscì. A quel punto dunque entrambi i contendenti disponevano di una prova cruciale a proprio favore: una situazione non facile da dirimere né da conciliare.

Ci si era messa anche una distonia di tempi ad aumentare l'incomprensione; Galvani non aveva ancora letto dell'esperimento decisivo dell'avversario quando pubblicava la sua estrema requisitoria in forma di *Memorie sull'elettricità animale* a Lazzaro Spallanzani. Avvertiva però distintamente il paradosso di teorie che divergevano quanto più le esperienze tendevano invece a sovrapporsi fin quasi a coincidere. Ammettendo che fosse l'eterogeneità il fattore delle contrazioni perché - obiettava - il contatto di due conduttori ritenuti eterogenei come nervo e muscolo le provocava, a condizione che il circolo si attivasse entro l'animale, mentre il nervo a contatto con una porzione di muscolo isolata o col muscolo di un'altra rana li lasciava inerti? Se l'eterogeneità motrice includeva necessariamente che il circuito avvenisse all'interno dell'animale, ecco cosa Galvani poteva concedere: che Volta sostenesse in altri termini ciò che lui aveva sostenuto da sempre. "*Chi non vede che con diversi vocaboli diciamo ognuno di noi lo stesso?*"³

Ma di questo compromesso Galvani non si accon-

³ Galvani, *Memoria seconda*, in *Opere scelte*, p. 438.

tentava, tanto è vero che, appena accennato, gli faceva seguire immediatamente un'altra prova cruciale, un terzo esperimento modificato, che sembrava concepito apposta per dare l'ultimo colpo alla teoria voltiana del contatto dei conduttori eterogenei. I nervi scoperti di due zampe di rana venivano messi a contatto fra loro in modo che uno toccasse l'altro, disposto in modo ritorto, in due punti. Le zampe tornavano a scattare. E il contatto di due nervi non poteva certo dirsi eterogeneo.

In quanto all'altro corno della questione, quello dell'elettricità di contatto dei conduttori metallici, Volta s'era molto irritato dell'ignoranza, deliberata o incidente, nella quale a Bologna l'avevano tenuta. Da una parte questa ignoranza poteva favorire un compromesso di fatto, il più banale magari, cui in fondo Galvani aveva involontariamente lavorato registrando differenze tra le varie elettricità fisica, animale, tubulare: che ognuno si tenesse la sua. Dall'altro però non soltanto ciascuno aveva lavorato a una propria teoria, ma anche a spiegare le esperienze dell'avversario in modo da servirsene e da rafforzarla; quindi anche questa separazione di ambiti non era accessibile.

Ciò nonostante, inaspettatamente, anche Volta venne fuori con una sua proposta di compromesso, più scoperta e quasi provocatoria, nella quale l'accettazione di alcuni punti di vista bioelettrici era offerta in subordine a quella del nucleo portante della propria teoria.

Uno era acqua calda: "Ammetto io pure una vera e propria elettricità animale, nella *Torpedine*"; un altro era limitato all'accettazione dell'elettricità nei moti

volontari degli animali viventi: "Una simile inclino ad attribuire pure a tutti gli animali; Elettricità tanto più veramente animale quantoché dipende dall'anima, obbedisce cioè alla volontà". Il compromesso si fermava qui, perché "nelle sperienze...del Galvanismo ne' membri recisi ecc., mancando la volontà, non è più mosso il fluido elettrico da alcun principio interno, bensì da causa esterna, dall'applicazione di conduttori dissimili, che sono veri motori...di modo che suppliscono in certo modo cotesti motori esterni al movente interno, che nello stato naturale di vita è la volontà dell'animale". Se i galvaniani si accontentavano di questo, bene, altrimenti Volta avrebbe risposto col "non più accordare neppure quell'altra Elettricità animale dipendente e mossa dalla volontà nel vivente intero e intatto", che in fondo era ancora soltanto un'ipotesi⁴. Ma l'animale in pezzi proprio no, quello non poteva muoversi che per effetto elettromotore dei conduttori, essendosi ogni volontà spenta e non ammettendosi alcun possibile accumulo residuo disponibile a uno sbilancio intrinseco.

La proposta era inaccettabile soprattutto per la riduzione che faceva dell'elettricità animale a pegno di scambio sulla sola ipotesi dei moti volontari. Era la negazione di tutto il lavoro di Galvani che, come lui stesso aveva scritto alle prime prove e confermato nel corollario 58 del *Taccuino* adriatico, era stato proprio condotto in modo da escludere la volontà dal circuito e sostituirla con "cause meccaniche" così che, proce-

4 Volta, in Pera, op. cit., p. 168.

dendo “*cogli esperimenti, e le osservazioni, a violentar dirò così la natura a manifestargli alcuno di quegli arcani*” si potessero replicare quei moti che “*dipendono vivente l'animale dall'animo*”⁵. Galvani aveva collocato la sua attività sperimentale in un ambito in cui i principi vitali potessero essere surrogati e replicati separatamente; inoltre pur indagandone l'azione, non aveva mai inteso limitarsi agli atti della volontà, che ne sono soltanto un aspetto. Ce n'erano altri nel moto muscolare a guidare la ricerca verso vasti obiettivi. “*Sembrami*”, aveva scritto ancora nel '92, “*di vedere aperto un largo campo per la felice spiegazione non tanto de' moti volontari, quanto de' preternaturali e violenti, e di varie malattie nervose e loro cagioni, come pure de' loro rapporti all'elettricità terrestre, ed atmosferica*”⁶.

Ora, mentre la torpedine gli permetteva di ricostruire quanto aveva analiticamente esaminato in un accertato dinamismo circolare dal cervello al movimento, tutto questo la proposta di Volta, se accolta, avrebbe mandato in fumo. Ne sarebbe restato il solo dato sperimentale di un'attività del nervo e del muscolo disperatamente legata all'analogia fondamentale con la bottiglia di Leida. In più il fisico aveva, brillantemente ma anche maliziosamente, intuito la difficoltà non solo del galvanismo, ma dell'intera biologia nascente, di rendere sensibile agli esperimenti i feno-

⁵ Galvani, *Saggio sulla forza nervea e sua relazione coll'elettricità*, 1782, in *Opere scelte*, cit., p. 120.

⁶ Galvani, *Commentario*, ivi, p. 332.

meni vitali quando l'integrità e la permanenza in vita dell'oggetto di studio non fossero conciliabili con l'esigenza di smontarne la macchina. Per quanto ai nostri giorni le grandi conquiste della neurologia sembrano aver ammorbido questa inconciliabilità, resta tuttavia in molte accezioni del concetto attuale di *mente* l'esigenza, l'intento di dare alla coscienza uno stato né metafisico né meccanico dell'attività del cervello⁷. Il problema del rapporto *mente-corpo*, lasciato irrisolto fino ai nostri giorni dai tempi di Cartesio, sembrava in quel momento a portata di soluzione nel modello pneumo-idraulico che offriva l'elettricità animale. Quell'elettricità non aveva più la vaghezza degli spiriti animali, e Aldini, muovendo da alcune difficoltà dell'esperimento, tentava di giustificare l'imperscrutabilità del suo principio motore: “*Non si sminuisce certo il potere dell'anima ammettendo che l'arco metallico possa ottenere ciò che essa non può, anche per il fatto stesso che l'anima non è un arco. Infatti l'anima, che è la prima dominatrice dell'alta rocca del capo, non agisce meccanicamente*”⁸.

Non si ebbe dunque nessun compromesso e ciascuno continuò per la sua strada. Anche se, osserva Pera, leggendo attentamente la *Memoria quarta*, “*risulta che anche Galvani, quando rende esplicita e detta-*

⁷ Mi riferisco in modo particolare alle attuali teorie sugli *stati mentali*. Si veda per esempio a proposito John Searle, *La riscoperta della mente*, Bollati Boringhieri, 1994.

⁸ La difficoltà in questione derivava dalle obiezioni mosse agli esperimenti galvaniani da Felice Fontana, riguardanti l'effetto della legatura del nervo, di cui si è detto alla nota 8 del capitolo terzo.

gliata la propria teoria anziché cercare di confutare quella di Volta, perviene alla conclusione che le contrazioni muscolari si hanno solo con arco eterogeneo composto”⁹. Quando, nel 1800, la teoria del contatto si materializzò nella pila, Galvani era morto da due anni. Il suo ideatore mirava soprattutto a realizzare una *macchina teorica*, che gli fornisse una prova pubblica, inequivoca, riproducibile delle sue scoperte circa il potere dei conduttori eterogenei a contatto di mettere in movimento l’elettricità. Un aspetto complementare, al quale però il suo costruttore non rinunciava affatto, era il compito di dimostrare infondate le teorie dell’avversario. Uno degli obiettivi che prendeva di mira era l’analogia tra l’animale e le sue parti con la bottiglia di Leida, che Galvani aveva elevato a guida delle sue ricerche: quasi un *imprinting*, lo definisce Pera e motivo focale¹⁰ della controversia secondo Mamiani. Considerando la conformazione della torpedine, Volta le sostituiva l’isomorfismo, anzi l’identità *organi elettrici-pila*. “Dopo queste esperienze”, scriveva nell’an-

⁹ Pera, op. cit., p.182.

¹⁰ Motivo focale perché l’elettricità animale, spiegata con l’analogia della bottiglia di Leida tendeva, di fatto, a negare la separazione tra il mondo della vita e quello della materia. Dimostrando falsa quella analogia, e trasferendo l’elettrogenesi sul principio inorganico della pila, si otteneva l’effetto di aprire, ma anche di demarcare e mantenere isolati due differenti ambiti di studio; si veda l’introduzione di Maurizio Mamiani a Galvani, *Memorie sull’elettricità animale*, ed. Theoria. La divaricazione si protrasse per tutto l’ottocento e soltanto agli inizi del nostro secolo si ebbe un ritorno di interesse dei fisici per i fatti della biologia e prese avvio un processo di riunificazione delle scienze della natura, soprattutto con l’opera di Erwin Schrödinger e di Niels Bohr.

nunciare la sua invenzione, “si può credere che quando la torpedine vuole dare una scossa ai bracci dell’uomo, o agli animali che la toccano, e che si avvicinano al suo corpo sotto l’acqua..., essa non ha che da avvicinare alcune delle parti del suo organo elettrico là dove, per qualche intervallo, la comunicazione manca; non ha che da togliere queste interruzioni tra le une e le altre della colonna di cui è formato il detto organo tra quelle membrane in forma di dischi sottili, che giacciono le une sulle altre; essa non ha, dico, che da togliere queste interruzioni in uno o più luoghi, e farvi sorgere il contatto conveniente, sia comprimendo queste stesse colonne, sia facendo colare tra le pellicole o diaframmi sollevati qualche umore, ecc. Ecco come può essere e come io immagino che sia realmente tutto il modo di procedere della torpedine, voglio dire l’incitamento e il movimento, dato al fluido elettrico, non è che un effetto necessario del suo organo singolare, formato, come si vede, da una serie numerosissima di conduttori, che io ho tutto il fondamento di credere assai differenti tra loro per essere anche motori di fluido elettrico, nel loro reciproco contatto, e di supportarli disposti nel modo conveniente per spingere questo fluido elettrico con una forza sufficiente dall’alto in basso, o dal basso in alto, e determinare una corrente capace di produrre la commozione ecc., subito, e ogni volta, che tutti i contatti e le comunicazioni necessarie abbiano luogo”¹¹.

Si tratta di una così perfetta omologia che Volta vi

¹¹ Volta, in Pera, op. cit., p. 174.

costruisce la sua macchina. "A quale elettricità dunque, a quale strumento deve essere paragonato questo organo della torpedine, dell'anguilla tremante ecc.? A quello che io ho costruito, secondo il nuovo principio di elettricità che ho scoperto da qualche anno e che le mie esperienze successive, soprattutto quelle che mi occupano presentemente, hanno così bene confermato, ossia che i conduttori sono, in certi casi, anche motori di elettricità, nel caso di mutuo contatto tra essi, di differente specie ecc.; a quell'apparecchio che io chiamo Organo elettrico artificiale e che, essendo in fondo la stessa cosa dell'organo naturale della torpedine, gli rassomiglia anche per la forma"¹². Volta è ormai inarrestabile. Dopo aver tolto a Galvani il punto d'appoggio delle leggi fisiche dei conduttori fino ad allora note, invalidata l'analogia della bottiglia e sostituita a proprio favore con quella della pila, sottrae adesso al dominio dell'elettricità animale anche il più vecchio e munito caposaldo: nemmeno l'elettricità della torpedine può dirsi animale. "Sebbene i metalli, ed altri conduttori di prima classe siano in generale anche in linea di motori molto più efficaci dei conduttori umidi, o di seconda classe, nondimeno anche con questi soli, che siano convenientemente diversi tra loro, possono formarsi degli Elettromotori abbastanza potenti, epperò anche con sole sostanze animali e vegetabili. Che di tal sorte sembran essere, anzi può dirsi, che sien sicuramente, i così detti organi elettrici della Torpedine, e degli altri pesci, che possiedono la

¹² Ivi, p. 175.

maravigliosa virtù di dare la scossa; onde neppur qui si conviene propriamente il nome di elettricità animale, nel senso cioè che venga prodotta o mossa da alcuna azione veramente vitale, od organica, il che non è; ma bensì un semplice fenomeno fisico, anziché fisiologico, un effetto immediato dell'apparato Elettro-motore, che il pesce chiude in seno, apparato simile agli Elettro-motori artificiali, e che agisce come questi per propria forza, in virtù della sua costituzione, cioè de' mutui contatti di conduttori diversi"¹³.

Se tutto questo fosse stato perfetto, a Galvani non sarebbe rimasto più niente. Ma, ancora una volta, l'intento di escludere la teoria avversa portava a sconfinare. Volta intanto ricambiava la scortesia dell'inascolto dell'ultima prova cruciale, che pure aveva detto qualcosa che la teoria del contatto non aveva compreso; trascurava poi altre verifiche interessanti, come il ruolo del cervello nell'attivare gli organi elettrici della torpedine. Il più importante risultato ottenuto sull'Adriatico poteva avere per Galvani una forza di convinzione notevole che egli avrebbe utilmente indirizzato a favore della teoria elettrobiologica e, se si fosse estesa al rifornimento dei muscoli, anche a favore del dinamismo animale e del suo analogo strumento, la bottiglia di Leida, piuttosto che della pila e del contatto elettromotore delle parti. Infatti la proprietà della pila era proprio di non alimentarsi se non da sé. In ogni modo, nemmeno le realizzazioni ultimative del fisico, ormai famoso in Europa, potevano fugare l'im-

¹³ Ivi, p. 179.

pressione espressa già da Galvani, che gli esperimenti e i loro assunti fossero in realtà equivalenti. Negli stessi fenomeni, dove gli occhi del fisico vedevano pile e contatti, quelli del biologo vedevano bottiglie e accumulazione; dove i primi vedevano una forza fisica, i secondi trovavano una forza vitale.

Ma, varcato il secolo, tutti videro l'elettricità con gli occhi di Volta.

Il silenzio sull'elettricità animale si protrasse, con qualche isolata eccezione¹⁴, per trent'anni, durante i quali si continuò a spiegare il movimento organico coi vecchi spiriti animali e le reazioni nervose con l'irritabilità halleriana. Leopoldo Nobili¹⁵ fu il primo a romperlo; valendosi di uno strumento nuovo di misurazione, il *moltiplicatore* o *galvanometro*, rilevò tra il 1827 e il 1830 una *corrente di rana* o *corrente propria*¹⁶; Carlo Matteucci riprese quegli studi e li approfondì fino a ottenere risultati considerevoli. Per ciò che qui ci interessa, egli ottenne da esperimenti su alcuni esemplari di *Torpedo marmorata* la conferma delle esperienze avviate da Galvani e affermò che "*la più stretta analogia lega il fluido elettrico all'agente nervoso, che in alcuni animali - come i pesci elettrici -*

14 Una, importante, è quella di Alexander von Humboldt, che riesaminò l'intera esperienza galvaniana e ne diede una propria interpretazione.

15 v. nota 13 al cap. primo.

16 in Raffaele Bernabeo, *Carlo Matteucci, Quaderni di storia della scienza e della medicina*, Università di Ferrara, 1972.

quest'agente nervoso si converte in fluido elettrico e che questa trasmutazione richiede l'esistenza di un particolare organo"; "*la stimolazione galvanica dei lobi elettrici produce la scarica degli organi elettrici, effetto soppresso dall'interruzione dei nervi che nascono dall'encefalo*"; la scarica elettrica della torpedine è un atto volontario regolato da impulsi nervosi che hanno origine nel cervello; tuttavia "*basta la semplice introduzione nello stomaco di una torpedine viva di alcune gocce di una soluzione acquosa di acido cloridrico per provocare dopo qualche minuto una scarica; però, se si seziona il midollo spinale, la stimolazione dell'animale condotta al disotto del punto tagliato non provoca la scarica, mentre se quella avviene al di sopra del punto leso questa si verifica: da ciò si desume che la scarica può essere evidentemente prodotta anche per un fenomeno di attivazione riflessa degli organi elettrici, cui fa da intermediario il midollo spinale*". Riguardo alla direzione delle correnti, confermava che il dorso della torpedine è carico positivamente, il ventre negativamente, e precisava che in particolare i punti del dorso situati sopra i nervi che accedono agli organi sono positivi, quelli che si trovano in corrispondenza di essi nella parte ventrale sono negativi. Matteucci si pronunciò per l'elettricità animale indicandola come *corrente d'azione* e realizzò addirittura una *pila di rane* o *rana galvanoscopica* con la quale confermò l'esistenza di una *corrente di demarcazione muscolare*, ossia di una differenza di potenziale tra la superficie sezionata di un nervo e quella integra del muscolo e ne osservò il flusso e l'intensità; era deciso a liberare la medicina dalle pastoie

vitalistiche che tuttora la dominavano, con la riduzione dei fatti biologici alle loro matrici fisiche e chimiche; non attribuiva quindi a quelle correnti alcuna proprietà vitale. Finalmente, Emil Du Bois-Reymond rese sistematiche le conoscenze del galvanismo con una grande opera, *Ricerche sull'elettricità animale*¹⁷, nella quale dimostrava che esiste una *differenza di potenziale* tra la superficie interna e quella esterna dei muscoli, e che durante la contrazione del muscolo l'intensità della corrente elettrica dovuta alla differenza di potenziale si riduce; questo avviene perchè il nervo, stimolato, induce una variazione della carica sulla superficie del muscolo. In quanto agli *spiriti animali*, furono definitivamente dissipati da Johannes Müller verso la metà del secolo scorso.

Le conoscenze attuali in neurobiologia, e per l'aspetto specifico della torpedine i manuali che dopo Savi¹⁸ ne danno trattazioni sistematiche, o al capitolo dei *Selaci batoidei* o in trattazioni esplicitamente dedicate agli organi elettrici dei pesci¹⁹, ci fanno apprezzare più da vicino, e come *dall'interno* gli esiti della controversia. Sia le scariche dei pesci elettrici che quelle elettromotrici in tutti gli animali hanno origine dallo

¹⁷ *Untersuchungen über thierische Elektrizität*, Reiner, Berlin 1848.

¹⁸ v. la nota 14 al capitolo primo. Dopo Savi Pacini, Wagner, Remak, Kolliker, Shultze, Bilharz, Babuchin, Fritsch, Ranvier, Ballowitz.; v. la nota seguente.

¹⁹ Il *Traité de zoologie*, tomo XIII, fascicolo II di Pierre Grassé offre, oltre a un'estesa trattazione degli organi elettrici di A. Fessard, anche una vasta bibliografia di opere e studi in questo campo. Per una bibliografia e un sommario dei più di duecento studi sulla torpedine pubblicati negli anni 1968-1987 è utile la consultazione dell'ASFA.

stesso debole *potenziale d'azione* che si genera nella placca motrice fra il nervo e la fibra muscolare.

Si tratta di fatti generalmente noti. Ogni cellula neuronale mantiene una diversa concentrazione di ioni sodio e potassio tra l'interno e l'esterno della membrana plasmatica. Sono le pompe del sodio e del potassio che formano i *gradienti ionici*, utilizzando l'energia metabolica. Questa *differenza di potenziale*, per cui la membrana è polarizzata positivamente all'esterno e negativamente all'interno (uno "sbilancio" naturale) è di pochissimi millivolt. Si tratta del *potenziale di riposo*; l'energia metabolica è prevalentemente impegnata a mantenere quell'*equilibrio dinamico*; quando la vita cessa le differenze di concentrazione tra l'interno e l'esterno scompaiono. L'interazione delle pompe e dei canali ionici sviluppa l'attività elettrica che rende possibili il potenziale di riposo e il *potenziale di azione*. Questo avviene quando la trasmissione selettiva degli ioni sodio operata dai canali ionici verso l'interno subisce una improvvisa modifica in dipendenza di uno stimolo. Il loro transito rapido trasforma l'interno della cellula in positivo e dà luogo a un potenziale d'azione, pur minimo, che si trasmette attraverso gli assoni e le varie sinapsi agli organi muscolari.

Lo stesso avviene negli organi elettrici. Essi dispongono di elettroplacche riccamente innervate su una sola faccia, disposte una sull'altra in modo da formare colonne che si estendono da un capo all'altro dell'organo nel verso dello spessore. Se l'organo è inattivo, le elettroplacche sono cariche positivamente su entrambe le facce rispetto all'ambiente intracellula-

re; al segnale che proviene dal cervello si determina una depolarizzazione rapidissima e transitoria della membrana che inverte la carica della superficie innervata di ciascuna delle elettroplacche. Ogni elettroplacca dispone repentinamente di un potenziale di azione di 150 mV: valore impercettibile, ma la disposizione in serie delle elettroplacche somma i singoli voltaggi fino a scaricare 50 V e il collegamento in parallelo delle colonne, che sono circa quattromila, porta l'intensità della scarica fino a 50 A, per una potenza concentrata in un breve tempo di 2500 Watt, paragonabile a quella di una stufa elettrica²⁰. Niente male, anzi, un fenomeno imponente. Delle circa 250 specie di pesci che dispongono di organi elettrici comandati dal sistema nervoso, alcuni danno scariche molto più potenti di quelle della torpedine. L'anguilla elettrica, *Electrophorus*, può dare una scarica di 500-600 V, che può uccidere un grosso pesce ed essere pericoloso anche per l'uomo. Ci sono pesci che emettono scariche molto deboli, incapaci di tramortire una preda ma utili per orientarsi e comunicare con individui della stessa specie. Tutte le *Raja* hanno organi fusiformi situati in un segmento della coda, che si incuneano nei tessuti muscolari anteriori. Esse determinano intorno a sé un campo elettrico tra la testa e la coda in cui il circuito è chiuso dall'acqua salata che ne costituisce il conduttore: percepiscono così ogni minima variazione della conduttività

²⁰ V. per una lettura agile Luigi Cedrini, *Organismi "esperti" di elettricità e magnetismo*, in *Le Scienze* n. 4, luglio-agosto 1993; Francesco Ghirelli, *Il sale della vita*, Dossier scienza Giunti.

CLASSIFICAZIONE

Delle diverse specie de' Pesci, che pagano il Dazio d'Introduzione alla Pubblica Pesa da quelli, che ne devono andar esenti a norma dell' Editto di Monsignor Delegato Apostolico delli 5. Settembre 1804.

Pagano il Dazio di un Bajocco per Libra.

Li Storioni	I Dentali
I Varoli	I Corbelli
I Rombi	Le Alici

Le Anguille, e Baldigare sopra le quattro Libbre ed altri Pesci Nobili, e da Taglio.

Sono esenti da qualunque Dazio

I Folpi	I Mugnetti
I Tremoli	Le Panocchie senz'Ovo
IRoscioletti detti Agostinelli, Galere, Nudini	I Bomboli
Le Grancelle	Le Cappe Sante
IGrancioni, e Grancevole nelli, e Tartufi di Mare, ed ogni altro genere di Crostacci, eccettuati però i seguenti	I Garagoli, Cappole, Ca-

Cioè

Ostriche per ogni Cento	- -	Bajocchi Cinque
Ostrichini per ogni Cento	- -	Bajocchi Due $\frac{1}{2}$
Astici per ogni Cento	- -	Bajocchi Cinque
Panocchie dall'Ovo per ogni Cento	- -	Bajocchi Cinque

Tutti gli altri Pesci di qualunque Peso, e qualità essi siano pagheranno Mezzo Baj. per Libra.

Così è Vincenzo Constantini Segretario.

In Sinigaglia; Per Luzzarini

"... eppure fino a non molti anni fa il tremolo era un pesce ordinario e frequente ..." (pag. 197); documento dalla collezione Giuseppe Minardi.

e questo permette loro di individuare presenze e ostacoli. Altri pesci, come gli squali, dispongono di *organi della linea laterale*, recettori sensibilissimi che permettono loro di localizzare segnali elettrici anche molto deboli, come quelli che emette una sogliola sotto la sabbia per effetto dell'attività muscolare connessa alla respirazione. Nella torpedine l'attività elettrica assolve probabilmente a entrambe le funzioni, di segnalazione e di difesa-predazione. Quando la torpedine invia una scossa, la superficie dorsale diventa positiva e quella ventrale negativa; intorno all'animale si attiva un circuito che va dal dorso al ventre attraverso l'acqua circostante.

Si vede bene come la fisiologia della torpedine dia soddisfazioni molto parziali all'analogia con le macchine che Volta e Galvani avevano evocato per la descrizione dell'organo elettrico; entrambe risultano dipendere dalla necessità di chiarire la natura del rifornimento, o della determinazione che proviene dal cervello. Mentre Volta dava una sua spiegazione del funzionamento dell'organo elettrico ma rinunciava a spiegare di che natura fosse l'intervento del cervello per renderlo attivo, Galvani all'opposto ammetteva di non sapere niente su come avviene la trasformazione del fluido, la cui natura elettrica, provenienza dal cervello e distribuzione agli organi attraverso i nervi, però, gli esperimenti senigalliesi e riminesi avevano chiaramente comprovato.

VI.
ANCORA TORPEDINI

Galvani dunque era stato *“indotto a lungo e faticoso viaggio verso il mare affine di avere più facilmente e in larga copia a sua disposizione le torpedini”*. Per questo *“si avviava per la Romagna, continuava per le Marche e fermavasi a Sinigaglia. La mattina del 14 maggio iniziò tosto le sue ricerche con materiali che evidentemente avevagli fatti raccogliere e preparare l'amico dottor Battaglioni”*. Si fermò nel ritorno a Rimini, dove *“presentavasi più facile e copiosa”* la pesca delle torpedini, *“quae in eo mari frequentes sunt”*. *“Le torpedini pescate erano morenti, e sarebbe occorso farne pescare altre...cosa del resto assai facile, solo che ci fosse stato tempo a disposizione”*¹.

Non c'è difficoltà nell'immaginare come le torpedini potessero essere portate al tavolo di Galvani. La vita marinara era assai vivace a Senigallia in passato. Nel 1755 c'erano 25 imbarcazioni da pesca: erano soprattutto *tartanoni*, grosse barche di 60-80 tonnellate.

¹ È il racconto del viaggio di Galvani con le parole di Albano Sorbelli, tratto dalla prefazione all'edizione del '37 del *Taccuino*. Ancora negli anni trenta non c'erano avvisaglie di crisi del mare, né di scomparsa di specie che lo abitavano, non rapportabili alle oscillazioni dei cicli naturali. Questo nonostante crisi di biocenosi fossero registrate già nell'ottocento.

te, con circa 17 uomini d'equipaggio, adatte alla pesca d'alto mare, coadiuvate da un battello porta pesce, la *gaetta*, che facendo la spola tra porto e zone di pesca permetteva ai tartanoni di restare in mare il più a lungo possibile e garantiva un costante rifornimento a terra². Un documento del 1786, nove anni prima del viaggio di Galvani, conta a Senigallia "10 *bâtiments de cent tonneaux et au dessus, 33 barques au dessous de 100 tonneaux*", per i trasporti commerciali, e "20 *barques de pêcheurs nommées ici paranze; les 10 de moindre pêchent sur nos côtes*"³. Tanto più facile il rifornimento perché le torpedini potevano essere catturate anche a breve distanza dalla riva: vi poteva provvedere anche la pesca di spiaggia, esistente da sempre e ben fornita di *lance, batane, cappelare, babelle*⁴.

Indizi e testimonianze fanno ritenere che oggi non sia più tanto facile trovare una torpedine⁵, e probabil-

2 Gino Troli, *La pesca, in Il picchio e il Gallo*, 1982.

3 Alessandro Baviera, *Atti e Memorie della Dep. di St. Patria per le Marche*, serie IX, vol. XI, Ancona 1956.

4 *Senigallia 1890-1950, il canale, il porto, la spiaggia, la gente*, a cura degli Amici del Molo, 1984.

5 Le testimonianze dirette dei pescatori e le memorie di viaggiatori curiosi del passato danno informazioni preziose, e spesso le sole esistenti sulla storia del mare. I fenomeni più recenti di crisi dell'ambiente marino ci inducono a una lettura trasversale delle loro osservazioni. Come le fotografie di Giacomelli si arricchiscono di valore documentale sul degrado del suolo agricolo, in aggiunta a quello artistico che tutti conosciamo, ugualmente testimonianze e memorie vengono lette alla luce dell'attuale degrado. Per citare un esempio, assunto da Nando Cecini, *Le Marche, una metafora per i viaggiatori*, in *Le Marche*, Einaudi, Maximilien Misson dedica mezza pagina alla descrizione dei cavallucci marini trovati sulla battigia tra Fano e Pesaro, incluse le caratteristiche anatomiche e le virtù terapeutiche che attribuisce loro. L'edizione

mente Galvani dovrebbe ai nostri tempi soggiornare a lungo a Senigallia e a Rimini per averne una a disposizione. Eppure fino a non molti anni fa era un pesce ordinario e frequente. "Co facen da magnà pr duman?" "Gnent, c'enn i tremuli", dialogavano Serafino Marinelli e sua moglie Maria Giraldi, senigalliesi, non più di trentacinque anni fa parlando delle torpedini (i *tremuli*) come di un pesce comune e poco pregiato. Il mare ai nostri giorni è diventato più povero, e non solo di torpedini. Eppure non occorre andare molto indietro con la memoria per trovare il ricordo di un mare abbondante in biomassa e varietà ittiche.

Nello Curtatoni, meno che cinquantenne pescatore costiero, ricorda gli anni della prima gioventù come "anni ricchi di pesce. Tutte le volte che camminavi nell'acqua mettevi i piedi su una sogliola, frrrr, la sentivi frullare sotto i piedi. Oppure su un rombo. Verso ottobre-novembre nelle bocche d'acqua, a cinque o sei metri dalla riva dove la corrente tira in fuori quando

dell'Aia delle sue memorie di viaggio (1691) è perfino arricchita con una tavola a piena pagina nella quale campeggia un cavalluccio marino sopra un paesaggio di colline incombenti sul mare, chiaramente allusivo della zona dell'Ardizio. Per i viaggiatori quello è il luogo dei cavallucci marini: anche J. Kaspar Goethe, padre del poeta, ne annota la presenza al suo passaggio in quel luogo. Naturalmente sia le testimonianze dei pescatori più anziani, talvolta tendenti a magnificare i tempi della loro gioventù, che quelle dei viaggiatori, sempre alla ricerca dell'esotico e del meraviglioso, vanno valutate con attenzione. Quei dati acquistano però rilievo e meritano nuova considerazione alla luce dell'attuale stato del mare, che fa trovare notevoli fatti che erano prima abituali e banali. Recentemente la rivista *La nuova ecologia* ha raccolto e diffuso dati dei laboratori di biologia marina che accertano la scomparsa dalle coste adriatiche dell'ippocampo, o cavalluccio marino.

c'è un tantino di mare mosso, lì ci stava il rombo. Rombi di sette-otto etti, fino a un chilo e mezzo. Mettevi i piedi sulle baraccollette, sulle passere color piombo, sul pesce ragno, anche. Adesso puoi camminare un anno e non calpesti niente". E nonostante i pescatori inclinino verso nostalgie favolose, non si smentiscono tra loro. Sembrano anzi aver acquisito una specie di consapevolezza postuma: "Anche senza saperlo i pescatori rispettavano i cicli biologici del mare. Tutte le reti che pescavano lungo la riva da mille a diecimila metri, e anche quelle che erano gettate al largo, accarezzavano il fondo, non lo aravano come avviene adesso. Una volta il mare ci pareva grande, perché non sapevamo la geografia. Adesso abbiamo capito che l'Adriatico è un fiume. A parte la sicurezza, che si può ottenere piena anche con molto meno, una barca con un motore da 1200 cavalli in Adriatico è una nave. Invece di tirare, mettiamo, una rete di cinquanta metri, la tira dieci volte più grande; invece di tirare un rampone, una gabbia a sfoglie, ne tira sei. E il pescato è di meno. La realtà è che ci sono mezzi sproporzionati. Nel '70, facendo un esempio, con cento metri di retine potevi prendere dieci chili di pesce; oggi per prendere dieci chili ci vogliono due chilometri di retine, calando col mare normale".

E la torpedine? "Mi fiola m'ha dett che vulevi sapé di tremuli. Lei non li conosce neanche di nome, eppure lavora con me". E' Alessandro Barucca, anche lui pescatore, che parla. "Ma io penso che siano estinti. Una volta sì che c'erano, li prendevamo io e mio padre. Li prendevamo coi nicsin, noi li chiamavamo così: una specie di croce come la bilancia, con una

sacca. Loro si infilavano sotto, perché il tremolo è un pesce di fondo. M'arcord ch'io era un fiol, e era ignorant com'adè. L'andavo a toccare e m'arrabbiavo perché dava la scossa. Una volta" - colpisce il racconto di un'esperienza negli stessi termini in cui la riportano i naturalisti antichi - "gli ho tirato un secchio d'acqua e ho preso la scossa lo stesso perché la scossa si trasmette con l'acqua. Ma parlo di cinquant'anni fa; io ne ho sessanta. Prima della guerra si prendevano anche a quattro-cinquecento metri dalla riva. Adesso sento dire ogni tanto che chi va al largo ne porta in terra uno, ma raramente".

Daniele Palestrini, presidente della Cooperativa dei Pescatori di Senigallia, conferma: "In media uno al mese se ne prende. A Fano, dove c'è una marineria più consistente, anche uno ogni quindici giorni. Ma in pescheria non ci vanno perché non hanno mercato. E poi i pescatori ne sono golosi. Tenendo conto delle potenze di oggi si può dire che la torpedine è un pesce raro".

All'Istituto di Ricerca sulla Pesca Marittima del C.N.R. di Ancona confermano in gran parte le parole dei pescatori. Alcune specie sono scomparse, altre si sono insediate nella stessa nicchia ecologica. Il pesce angelo, per esempio, *squatina squatina*, grande e lungo fino a due metri, non si trova più. Una volta lo storione era frequente nel nord Adriatico, e risaliva il Po. Adesso è rarissimo e protetto, ma bisognerebbe vedere cosa significa in pratica questa protezione. Tante specie sono diventate introvabili, e la torpedine è tra queste. "Da quando sono qui", ricorda Carlo Froggia, biologo marino, "pescando per motivi di stu-

dio, mi è capitato una volta sola di tirare su una torpedine"⁶. In ogni modo più che della torpedine, che è comunque un pesce particolare, non frequentissimo, ci si potrebbe chiedere che fine hanno fatto altre *Raja* che dovrebbero essere più frequenti, per esempio quella che i pescatori chiamano *raggia occhialina*, o la *baraccola*, che sono oggi rarissime nei nostri fondali.

Una ragione particolare di studiare la torpedine ci sarebbe se si trovasse che essa possa rappresentare un indicatore ecologico⁷. La sua presenza nell'immaginario e nell'iconografia antica doveva essere giustificata per la sua particolarità più che per la frequenza. Si tratta di una specie molto studiata dal punto di vista neurofisiologico, biochimico, biofisico, ma non molto da quello eto-ecologico; perciò possiamo fare solo ipotesi su larghe generalità se vogliamo spiegarne la rarefa-

⁶ Molte delle informazioni che seguono provengono da una conversazione col prof. Carlo Froglià; in mancanza di un testo scritto però preferisco assumere la responsabilità di quanto è detto omettendo le virgolette e rimandando, per eventuali correzioni e approfondimenti, alle opere, tra le quali rammento: Froglià, *Fitoplanctoni raccolti in occasione della moria di pesci verificatasi lungo la costa marchigiano-romagnola nel maggio 1969*, Giornale Bot. Italiano, 105, pp. 389-396.

⁷ Uno studio dell'università di Napoli utilizza la torpedine in questo modo. Si tratta del lavoro di Totaro, Pisanti, Glees, *The role of copper level in the formation of neuronal lipofuscin in the spinal ganglia of Torpedo marmorata*, 1985. Il cloruro di rame, inquinante presente nel golfo di Napoli, sembra coinvolto nella formazione di lipofuscina presente nei gangli neuronali spinali di torpedini catturate in zone molto inquinate o esposte in vasche all'azione di questo sale. Il pigmento di lipofuscina è considerato un indicatore di danno cellulare. Vengono discusse anche le implicazioni generali di questo tipo di inquinamento per il golfo di Napoli.

zione. Si deve innanzitutto considerare il peggioramento delle acque della fascia costiera e delle condizioni generali dell'Adriatico come habitat, che ha depresso molte specie e favorito l'espansione di altre.

Questo peggioramento dipende soprattutto dall'impatto delle attività umane a terra sull'ambiente marino: le dispersioni incontrollate di liquami e sostanze velenose; le sostanze inquinanti che provengono dal dilavamento dei terreni agricoli; le attività di depurazione, sia di acque nere che di reflui da allevamenti, che lasciano fosfati, nitrati e altre sostanze eutrofizzanti in grande quantità; la diversa qualità dei sedimenti che provengono dagli apporti fluviali a causa delle escavazioni e dell'erosione del suolo, limi e fanghi piuttosto che sabbie e ghiaie; la modifica di ambienti costieri di grande sensibilità biologica, dovuta alle opere di difesa della costa dall'erosione; le grandi concentrazioni turistiche che aggravano la pressione antropica; inoltre fattori di mutazione climatica, sempre di origine antropica, non ancora completamente valutati ma sicuramente operanti.

Si tratta di fattori che alterano le condizioni della vita nell'ambiente marino e che tra l'altro si rapportano ad attività spesso in competizione tra loro nello sfruttamento dell'ambiente. A questi fattori, studiati prevalentemente in relazione alle attività economiche del turismo e della pesca, e quindi conosciuti in modo diseguale, vanno aggiunti quelli sinergici come le reazioni chimiche tra le varie sostanze sversate, quelli sommatori per la concorrenza ad esempio di ipossia e di eccessivo prelievo, quelli disorganizzativi, come la riduzione del potenziale di filtrazione da parte delle

comunità bentoniche. La *pesca facile* è stata in questi anni un fenomeno ricorrente. "A un certo punto", racconta Elmo Marinari, "un giorno veniva in terra la sardella viva e si vedeva che era avvilita. La sardella non viene fuori dell'acqua se non c'è niente che la spinge. Succedeva anche una volta, si diceva che il mare aveva buttato le mugelle: qualcuna, non grandi quantità, perché sta tranquillo che il pesce vivo fuori dall'acqua non ci viene". E Alessandro Barucca: "Io ho preso le sogliole di giorno, che non era mai successo. Poi ho saputo che al nord c'era stata la moria. Erano morte molte qualità, spigole, gronchi, mormore, anguille; qui le sardelle, essendo più delicate, sono morte solo quelle. Si vede che il brodo era diluito".

Le morie in Adriatico si sono ripetute negli anni 1974, 1977, 1983 e 1989; quest'ultima volta il fenomeno era esteso per quattromila chilometri quadrati. "La mortalità è tipicamente molto rapida", dice M. Stachowitsch, del Dipartimento di Biologia marina dell'Università di Vienna; "per esempio nell'evento del 1983 nel golfo di Trieste il 90% della macroepifauna fu distrutta in quattro giorni". Le morie delle comunità bentoniche hanno particolari effetti disorganizzatori perché "con la loro potenziale filtrazione dell'intero volume del bacino - in giorni o settimane - possono regolare i processi della sovrastante massa d'acqua e stabilizzare in questo modo tutto il sistema". Questa caratteristica sarebbe tanto più necessaria in acque eutrofizzate, e gli organismi filtratori di fondo sono appunto definiti di "controllo naturale dell'eutrofizzazione". La grande perdita di biomassa riduce la

"capacità filtrante"⁸ e destabilizza l'intero sistema.

Non sembra tuttavia che la torpedine possa particolarmente soffrire delle condizioni di ipossia che provengono da eutrofia algale: la torpedine è un pesce particolarmente adatto alle condizioni di scarsità di ossigeno: *Torpedo marmorata* consuma quantità di ossigeno molto più basse di altri pesci della stessa taglia⁹. Naturalmente non le è possibile vivere senza ossigeno affatto. Nemmeno è possibile andare oltre l'ipotesi generale circa qualche disturbo nella catena trofica - "l'ingente perdita di biomassa di fondo provoca una rottura delle catene alimentari"¹⁰ - in quanto non sembra che l'attività predatoria della torpedine sia particolarmente specializzata: nonostante la celebrata pigrizia, è un animale vorace che si nutre prevalentemente di piccoli pesci, crostacei, cefalopodi, né la sua

8 M. Stachowitsch, *Le comunità bentoniche: una componente dimenticata dell'ecosistema marino*, in *Il mare non è solo risorsa materiale: è vita*, cit.

9 Hughes, Johnston, *Some responses of the electric ray (Torpedo marmorata) to low ambient oxygen tension*; Hughes, *On the respiration of the Torpedo marmorata*, Inst. Biol. Mar. Arcachon, Francia, 1978. I risultati della ricerca indicano che questa specie ha un consumo di ossigeno molto più basso di quello degli altri elasmobranchi di pari dimensione. La torpedine è un pesce che si adatta bene a condizioni di scarsità di ossigeno. Dagli studi esposti in Orel, Fonda Umani, Aleffi, *Ipossie e anossie di fondali marini. L'alto adriatico e il Golfo di Trieste*, Trieste 1993, la concentrazione di ossigeno disciolto nelle acque di fondo (picnoclino profondo) del nord Adriatico, il cui confine meridionale è indicato nel promontorio del Conero, può scendere fino a 2-3 ccl, ed è scesa a zero solo due volte, nel 1977 e nel 1989.

10 Stachowitsch, op. cit.

dieta subisce importanti fluttuazioni stagionali¹¹. Allo stesso modo non è possibile generalizzare le ipotesi di un cambiamento del bilancio ionico dei metalli come fattore di disturbo dell'orientamento e dell'attività predatoria. Sarebbero necessari studi specifici per formulare con esattezza ipotesi non solo verosimili, e per vedere la dinamica e la dimensione dei fenomeni ipotizzati. Possiamo invece avanzare per ora l'ipotesi che la troppo intensa attività di prelievo e il dragaggio intensivo e costante del fondale ad opera della pesca a strascico abbiano notevoli responsabilità nella scomparsa o nella estrema rarefazione della torpedine, come di molte altre specie. Probabilmente le torpedine nel nostro mare erano già introvabili prima della fine degli anni sessanta, quando furono osservate le prime fioriture algali¹². I vecchi libri di zoologia dicono che la torpedine non è insidiata dall'uomo a causa dello scarso valore commerciale della sua carne. Tuttavia la

11 Michaelson, Sternberg, *Observations on feedings, growth and electric discharge of newborn Torpedo ocellata*, Università di Tel Aviv, 1979. Vengono osservate e fotografate tra l'altro le tecniche di predazione della torpedine già note agli antichi. Quando la torpedine attacca un pesce, emerge dalla sabbia sotto la quale era nascosta; lo paralizza e gli salta sopra; poi con movimenti del corpo porta la preda alla bocca. Le stesse osservazioni vengono fatte sulla *Torpedo californica* con immersioni dall'università di California, Santa Monica. Bray e Hixon, *Night-shoaker: predatory behavior of the Pacific electric ray*, 1978.

12 Il primo caso documentato di anossia delle acque di fondo nell'Adriatico nord-occidentale risale al 1969. Dal 1975 al 1978 il fenomeno si è manifestato con regolarità; nel triennio successivo le condizioni meteorologiche hanno impedito le fioriture algali e le conseguenti anossie del fondale.

pesca a strascico non è in grado di selezionare le specie che preleva, se non con la larghezza delle maglie, né si propone di farlo. Le uova bentoniche della torpedine sono sollevate e portate via al pari di quelle di molte altre specie che ne condividono le topologie riproduttive. In più la torpedine, come ogni altra *Raja*, dispone di un potenziale riproduttivo molto basso. Un ciclo riproduttivo della *Torpedo marmorata* dura circa tre anni, con un'attività di formazione dell'embrione che supera i due anni e otto-dieci mesi di gravidanza. E' anche poco prolifica, poiché la fecondità ovarica è di poco superiore alla fecondità uterina¹³.

La rarefazione della torpedine sarebbe dunque il risultato di un prelievo troppo forte e distruttivo, in condizioni di stress del mare per l'eutrofia e l'inquinamento. Ma non hanno entrambi i fenomeni la stessa radice in quell'insostenibile incremento di potenze (eticamente lo chiamerei *ybris del fuoco*) che il mercato dei beni naturali e di trasformazione ha inscenato in particolare nell'ultimo ventennio? E non è proprio l'interruzione di quello scambio di materia e di energia, che permetterebbe agli organismi di mantenersi in uno stato stazionario, a spingere i sistemi viventi verso l'equilibrio e la morte?¹⁴ Dovremmo invece pensare che la difesa della natura sia funzione esclusiva della espansione del mercato, che essa rappresenti una

13 *La Torpille marbrée des côtes tunisiennes; nouvelles données sur l'écologie et la physiologie de la reproduction de l'espèce*, Inst. Pasteur, Tunisi, 1979.

14 Rifkin, *op. cit.*, p.63.

necessità riconosciuta soltanto come risorsa di base al servizio del ciclo delle vendite? Nessuna economia riuscirebbe costruttivamente tanto complessa da poter considerare l'*entropia negativa*, ossia il rifornimento di energia libera necessario al mantenimento della vita, come dato matematicizzabile sull'operare di un'autorganizzazione coerente come quella che opera in natura, a meno che essa non si consideri una perfetta ecologia.

Così ci siamo dimenticati della torpedine e, dimenticandoci che c'era, ci siamo dimenticati di desiderare che ci sia ancora. Non c'è niente in questa dimenticanza del saggio fatalismo di Elmo Marinari, decano dei pescatori di Marzocca: "*Bisogna accettare quello che viene, perché era difficile pensare che lo sviluppo non ci fosse*". Una saggezza però testarda e sconsolata, visto che "*in ogni modo secondo noi è stato un errore aver fatto tutta questa tecnica di pesca*".

Abbiamo detto che un errore epistemologico si sia commesso in qualche momento della formazione della civiltà attuale. Abbiamo scelto di mutuare questo concetto interpretativo da Bateson perché non avevamo voglia di buttarci nella descrizione di causazioni storiche infallibili e invincibili come quelle che offre da centocinquanta anni la filosofia della prassi. Nessuno intende negare che la scienza della natura tragga i suoi mezzi e i suoi fini dalle attività economiche degli uomini, e che lo stato presente sia il risultato di uno conflitto tra classi di persone, tra classi di persone organizzate e l'ambiente fisico, tra determinanti della

libertà della ricerca e della necessità del mutamento; anzi lo abbiamo sempre tenuto presente. Tuttavia parlando di *errore* abbiamo voluto riferirci a momenti di sviluppo delle scienze viste nel rigore formale che è loro proprio, ritenendo che questa categoria si applichi appropriatamente alla critica delle scienze fisiche almeno quanto altre, come quelle della morale e dell'economia, si applicano alle scienze sociali, all'etica civile e alle tecnologie della trasformazione. Proprio nel chiarire la dipendenza dello sviluppo delle scienze dalle modalità di espansione dello sfruttamento della natura - e dell'uomo che ci vive immerso e ne fa parte - ci è sembrato che l'espressione *errore* fosse la più forte tra quelle che ci fanno evitare determinismi socio-evolutivi e il rischio dogmatico di un ragionamento circolare.

Nell'idea di errore è ammessa la difficoltà di determinare a quale punto veramente la *ybris del fuoco* si sia trasformata da progetto prometeico di liberazione e di felicità umana in torre di Babele che confonde a causa della frammentazione che ha ingenerato. Nell'idea di errore è altresì implicito un giudizio di valore. "*All'interno dell'ecologia più grande e più duratura*", dice Bateson alla figlia, "*ci sono sottocicli di vita e di morte. Ma che dire della morte del sistema più ampio?*"¹⁵. E' evidente che per dirne qualcosa non si possa evitare di esprimere un tale giudizio: che sia desiderabile che il mare non venga ridotto a una vasca d'acque morte, degradate a quel liquido privo di me-

¹⁵Bateson, *Mente e natura*, cit., p. 274

moria e di dimenticanza che Ivan Illich chiama freddamente "stuff", "roba"¹⁶; che soprattutto questo desiderio sia tanto forte da convincerci a comprendere la complessità, l'ampiezza, la relazione e in una parola la mente di quel sistema più ampio, e che la nostra mente impari a pensare simulando quella ampiezza e quella complessità entro le quali sa di esistere. Perché se non possiamo valutare la natura in ragione di finalità pre-determinate, siamo però in grado di farlo quando parliamo delle azioni umane. Errore è allora il verso di monoculture che tendono a ridurre all'inerzia il mondo vivente e le proprie alternative mancate.

Per converso, è anche difficile pensare di essere giunti a un punto di non ritorno. Nè Froglià né i pescatori sono d'accordo con le profezie infauste pronunciate anni fa da Jacques Cousteau, per le quali abbiamo passato da tempo quel limite. "Già il fermo di pesca ha dato buoni risultati", dicono i pescatori costieri. "Noi abbiamo notato che si è riprodotto anche pesce che era qualche tempo che non si vedeva più. Abbiamo visto la baraccolletta, la baraccola, la razzetta, abbiamo visto la sogliola col porro, i rombi, i becchi o suasi, che sarebbero quel rombo un pochino più alto. Se si riesce a fare qualcosa tutto questo pesce noi pensiamo che ritorni, e anche nel giro di poco tempo". Purtroppo su questo punto la ricerca non è così d'accordo con loro. "Le capacità di recupero del benthos, la ricolonizzazione del fondo marino è lenta, in particolare nel caso di comunità molto organizzate.

¹⁶ Ivan Illich, *H₂O e le acque dell'oblio*, Macro/edizioni 1988.

Attaversa stadi di sviluppo atipici e poco complessi. Ripetute anossie, eventi di mare sporco, pesca a strascico e dragaggi possono ulteriormente impedire il recupero. Non ci può essere uno sviluppo che vada al di là di impoverite comunità di transizione quando i disturbi sono più frequenti del tempo necessario per un completo recupero"¹⁷.

Siamo in ogni modo costretti a rifiutare la rassegnazione confidando sulla capacità di autorigenerazione del mare e sulla nostra volontà di renderla possibile. Si tende talvolta a fissare nel passato una condizione stabile, uno stato di natura verso il quale gli ecosistemi dovrebbero ritornare. Ma sappiamo che la condizione verso cui dobbiamo muovere è quella di un ripristino stabile dei cicli di rigenerazione, nei quali morte non sia sinonimo di decomplettificazione della biosfera, ma fermento di nuova generazione. Questo lo si può ottenere non trascurando la necessità di "oltrepassare l'alternativa: seguire o guidare la natura". Si

¹⁷ In una zona dell'Alto Adriatico colpita da anossia nel 1989 la mortalità della macrofauna bentonica è stata quasi totale; un anno dopo la mortalità delle popolazioni si erano in parte rinnovate, sia in termini di biomassa totale che di densità e numero delle specie; tuttavia la comunità della macrofauna bentonica restava instabile e neppure dopo due anni dopo l'evento anossico si era raggiunta una stabilizzazione; Orel, Fonda Umani, Aleffi, op. cit., p. 61. Stachowitsch ha studiato particolarmente la popolazione ittica nel degrado del mare Adriatico in *Mass mortality in the Gulf of Trieste: the course of community destruction*, P.S.Z.N.I.; Mar Ecol, 5 (3), 243-264, 1984; *Anoxia in the Northern Adriatic Sea: rapid death, slow recovery, in Modern an Ancient Continental Shelf Anoxia*, Geol. Soc. Special Publ, 58, 119-129, 1991; Stachowitsch e Avcin, *Eutrophication - induced modifications of benthic communities*, UNESCO, rep. in mar. science, 49, 67-80, 1988.

tratta piuttosto, con le parole non prive di ottimismo di Edgar Morin, di “*scorgere una coevoluzione simbiotica attraverso trasformazioni reciproche fra una biosfera acentrica, incosciente, spontanea e un’umanità che sta diventando sempre più cosciente del suo divenire e del divenire del mondo*”¹⁸.

L’espressione più sconsolante che ci sia dato di sentire è *convivere*: convivere con l’inquinamento, convivere con la malattia, convivere fino a morire insieme a quella che Ceronetti non chiamerebbe più la *biosfera*, ma la “*tanatosfera*”¹⁹. Essa significa che si cerca di modificare artatamente gli ecosistemi fino a far loro accettare il mito dell’onnipotenza riparatrice del sapere tecnico, senza tenere conto che la nostra dipendenza dalla natura ci si stringe attorno come un nodo scorsoio quanto più crediamo di dominarla. Non accettare di *convivere* è invece segno, oltre che di programma, di vitalità e di rifiuto di ciò che costituirebbe il risultato peggiore e più definitivo: dimenticare di desiderare ciò che è desiderabile fino a dimenticare il desiderio e infine, non più desideranti, dimenticarci di noi stessi.

¹⁸ Morin, op. cit. “*In questo modo gli effetti connessi e autoamplificanti dell’impatto tecnologico-industriale sulla biosfera decomplessificano, impoveriscono, perturbano, talvolta assassinano le eco-organizzazioni. E tutto questo dà luogo a un processo di regressione che stende la sua ombra mortale sulla biosfera, quindi sull’umanità*”; “*abbiamo bisogno di una nuova prassi che superi le limitazioni mutilanti della nostra tecnologia, adattandosi completamente alle complessità eco-naturali*”.

¹⁹ Ceronetti, op. cit., p.102.

Indice

I. Qui sorgeva la casa	p. 9
II. La torpedine e gli spiriti della vita	39
III. Positivi esperimenti dell’elettricità	63
IV. Il taccuino di Galvani	85
V. Dopo queste prove	177
VI. Ancora torpedini	195

trovò al bivio dei suoi paradigmi e si risolse per il prevalere di quella *ybris del fuoco* che ha formato la civiltà attuale, così scintillante e insostenibile. La potenza tecnica che può inscenare ha favorito il *trionfo dell'ingegneria sulla mente* e ha spiegato la sua grande forza nella disorganizzazione dell'ambiente: la scomparsa delle torpedini ne è un indizio tra tanti.

L'esito più probabile è l'accettazione della mutilazione e l'uscita delle torpedini, senza le quali scopriamo di sopravvivere, dalla comune esperienza del mare. Probabile perché una soglia di rottura dell'equilibrio dinamico del mare, se esiste, tende a recedere dalla percezione quotidiana e anche perché il mito della forza compensatrice della tecnica induce adattamento e dimenticanza.

È allora legittimo estrapolare dalla rievocazione di questo viaggio immagini desiderabili del mondo? Saltando a piedi uniti il dubbio di Calvino, questo libro risponde di sì. Desiderio rigenerato, indispensabile segno di vitalità e speranza che il mare non venga ridotto a vasca d'acque morte e che, cittadina di una comunità bentonica che lo tiene in vita, la torpedine o almeno il suo fantasma ritornino a sguazzarvi dentro.

