

**SPERIMENTAZIONE FOTOGRAFICA
E NUOVE OSSERVAZIONI**
Gli spazi di *esperienza* di Etienne-Jules Marey

Monica Riccio

riccio@ispf.cnr.it

- 1. Il movimento, il metodo 2. Cronofotografia e fotografia istantanea
3. Osservazione della natura «dans son propre domaine»**

ABSTRACT: PHOTOGRAPHIC EXPERIMENTATION AND NEW OBSERVATIONS: ÉTIENNE-JULES MAREY'S SPACES OF EXPERIENCE

Étienne-Jules Marey (1830-1904), a French physiologist, is especially known for his experiments and discoveries on animal locomotion through the use of photography. The extraordinary results he achieved in representing closely sequenced movements earned him a place within the ambiguous and crowded category of "pre-cinema", but this has partly obscured the distinctive nature of his scientific path.

This paper aims to trace, within this rich trajectory, some key turning points, particularly those related to the expansion of the possibilities of experimental physiology, to the methods and spaces of experimentation and discovery, and especially to the open-air spaces of observation and photography of nature «in its own domain [dans son propre domaine]».

KEYWORDS: E.-J. Marey; Fisiologia; Fotografia; Movimento; Sperimentazione/Osservazione.

Nel 1883 Etienne-Jules Marey, fisiologo di una fisiologia sperimentale cui lui stesso aveva già dato contributi essenziali, presentava nelle pagine de *La Nature* una sua straordinaria impresa: la *Station physiologique* di Parigi. Inaugurata da poco, era stata realizzata con la collaborazione e i fondi delle

* Ricercatrice presso l'Istituto per la Storia del Pensiero Filosofico e Scientifico Moderno (ISPF-CNR) di Napoli.

istituzioni cittadine, faticosamente conquistati in estenuanti trattative burocratiche.

Stazione, non laboratorio; lo stesso Marey ne definiva con chiarezza la novità e gli scopi in apertura del suo articolo: «ovunque, negli ultimi anni, sono stati creati stabilimenti in relazione ai nuovi bisogni della scienza. I laboratori, dove pure sono state fatte tante importanti scoperte, sono diventati, per molti versi, insufficienti». Spesso, proseguiva, ci si è dovuti fermare nella ricerca laddove non si è potuto andare ad osservare la natura «nel suo campo [*dans son propre domaine*]»¹. La fisiologia soprattutto si era trovata ancora sacrificata, almeno in Francia, in laboratori angusti, tristi, «malsani», nei quali quasi solo la vivisezione era possibile; se questa aveva dato certamente molti risultati, non poteva sostenere la fisiologia nei suoi nuovi campi di sperimentazione.

Già Claude Bernard, medico, fisiologo e accanito sperimentatore, aveva espresso anni prima la necessità, per gli sviluppi di una «medicina scientifica sperimentale», di laboratori di fisiologia che ne potessero accogliere le sperimentazioni, come quelli presenti ormai in tutta la Germania: spazi ampi, articolati e differenziati, chiamati non a caso *istituti fisiologici*².

La Stazione fisiologica creata da Marey era ancora diversa da quegli istituti, e da quanto auspicato da Bernard; innanzitutto era spazio all'aperto, e organizzato: un grande campo circolare, con piste concentriche concepite per accogliere il cammino e la corsa di uomini e quadrupedi; complessi sistemi di scansione e misurazione dei movimenti, e soprattutto – questa forse, tra tante, la più grande novità – una camera oscura in un piccolo vagone mobile su un binario che conteneva un apparecchio fotografico³.

La Stazione fisiologica era una rappresentazione efficace delle attività di ricerca di Marey, giunte, in quel 1883, ad un punto di maturazione cruciale:

¹ E.-J. Marey, *La Station Physiologique de Paris*, in «La Nature», 536, 8 settembre 1883, p. 226.

² Cfr. C. Bernard, *Introduction a l'étude de la médecine expérimentale*, Ballière, Paris, 1865, pp. 259-260. A proposito si veda H.-J. Rheinberger, *Claude Bernard and life in the laboratory*, in «History and Philosophy of the Life Sciences», 45, 11 (2023), pp. 1-3.

³ Si veda la minuziosa descrizione della complessa struttura della Stazione in E.-J. Marey, *La Station Physiologique de Paris*, cit., pp. 228-229.

i suoi studi precoci intorno al movimento animale e umano avevano incontrato da poco l'uso della fotografia.

Non era però, la Stazione, nonostante la sua struttura avveniristica, propriamente, luogo dove osservare la natura «dans son propre domaine». Marey lo fece, ma non lì: condizioni particolari glielo consentirono, in quegli stessi primi anni '80 dell'Ottocento; vicenda diversa, più "congiunturale", certamente meno programmata.

1. Il movimento, il metodo

I primi passi del fecondissimo percorso di ricerca di Marey mossero da studi di medicina: conseguì la laurea e un dottorato, che già mostrarono, però, un orientamento particolare nella "dedizione" all'indagine sulla meccanica della circolazione del sangue, argomento della tesi di dottorato che pubblicò nel 1859⁴.

In questi studi si distingue già l'attenzione "fisiologica" nettamente spostata sulla funzione: per il «disturbo» funzionale e per la funzione degli organi⁵; questa "inclinazione" condurrà Marey molto presto a staccarsi dalla considerazione della malattia., e a dedicarsi allo «studio delle diverse forme del movimento nelle funzioni della vita»⁶. A cominciare, appunto, dalla circolazione del sangue, dalle pulsazioni del cuore e dal flebile battito del polso, così difficile da avvertire con chiarezza e precisione e così importante per la diagnosi.

Du mouvement dans les fonctions de la vie è il titolo che Marey diede, nel 1868, a una raccolta di lezioni tenute al Collège de France.

⁴ E.-J. Marey, *Recherches sur la circulation du sang à l'état physiologique et dans les maladies*, Rignoux, Paris 1859.

⁵ «Se si potesse [oggi] interrogare sul vivente la funzione come si interroga l'organo – scriveva infatti Marey nel 1863 – probabilmente il disturbo funzionale sarebbe ricercato come lo è oggi la lesione, con lo stesso ardore e con lo stesso successo» (E.-J. Marey, *Physiologie médicale de la circulation du sang, basée sur l'étude graphique des mouvements du coeur et du poulx artériel, avec application aux maladies de l'appareil circulatoire*, A. Dalahaye, Paris, 1863, p. 1).

⁶ *Ibid.*, p. 11.

L'oggetto di queste lezioni – scriveva nella Prefazione - può sembrare molto limitato; nella maggior parte dei classici trattati di fisiologia, infatti, lo studio del movimento propriamente detto si riduce pressappoco al capitolo che tratta la locomozione. Io ho dato uno spazio più grande al movimento nelle funzioni della vita, e penso, con Claude Bernard, che il movimento è l'atto più importante, perché tutte le funzioni hanno bisogno della sua partecipazione per compiersi. Inoltre, oggi il movimento va considerato in un senso più ampio, e bisogna associargli un gran numero di cambiamenti di stato⁷.

È il movimento come cambiamento di stato che definisce un fenomeno: «ogni fenomeno si traduce in un atto che impiega un certo tempo a compiersi. [...] La conoscenza perfetta di un fenomeno presuppone dunque che si sappia quale è lo stato di un corpo ad ogni istante durante il suo cambiamento di stato»⁸. Ed è questa accezione particolare del fenomeno, in movimento e in cambiamento nel tempo, ciò che allarga lo sguardo “investigativo” di Marey; cui non era estranea, sicuramente, la sua adesione al trasformismo darwiniano, da cui derivava un'attenzione particolare per la *variazione*. Nel testo di una conferenza pronunciata da Marey ancora al Collège de France, *Le transformisme et la physiologie experimentale*, pubblicato nel 1873⁹, il centro dell'argomentazione non è tanto e solo il sostegno al trasformismo darwiniano, ma l'indicazione della necessità di un passo ulteriore da compiere nella sperimentazione: se è vero, scriveva Marey, che la teoria del trasformismo non può evidentemente farci assistere alla trasformazione di una specie animale in un'altra, essa deve mostrarci la tendenza verso questa trasformazione, per piccola che sia. Bisogna, aggiungeva, che coloro che

⁷ E.-J. Marey, *Du mouvement dans les fonctions de la vie*, Leçons faites au Collège de France, Baillière, Paris 1868, p. VI.

⁸ *Ibid.*, pp. 84-85.

⁹ Id., *Le transformisme et la physiologie experimentale*, in «Revue scientifique de la France e de l'Étranger», *Revue des Cours Scientifiques*, 2e série, XI, 1873, pp. 813-882 ; la prima parte fu inserita, con il titolo *L'ipothèse du transformisme*, in un volume pubblicato a Napoli nel 1884: *Darwin*, a cura di Enrico Stassano, Napoli, 1884. I contributi al volume sono raccolti e tradotti in S. Caianiello e C. Groeben (a cura di), *Antohn Dohrn e il darwinismo a Napoli*, il DenaroLibri, Napoli 2009.

sostengono il trasformismo ci facciano cogliere tale tendenza «sotto forma di una *leggera variazione* nei caratteri anatomici dell'individuo sottoposto a certe influenze [...]. Nessuno contesta che i caratteri morfologici degli individui si trasmettano, in gradi diversi, ai loro discendenti; il punto da dimostrare, è il modo in cui una causa esterna agisce per imprimere all'organismo la prima modificazione. Questo genere di ricerche compete alla fisiologia sperimentale; è lei che oggi giorno può fornirci elementi di reale valore»¹⁰.

Lo sguardo attento alla più «leggera variazione» venne precisato e sostenuto, fin dalla prima ora, dall'adozione del *metodo grafico*. In Germania erano stati compiuti i primi studi in questa direzione, e Marey dichiarava di averlo introdotto in Francia con il suo testo del 1863 sulla circolazione del sangue¹¹. Ma l'uso che ne fece, l'evoluzione cui lo portò, aprirono a questi studi strade nuove, prima inesplorate.

La sua più completa esposizione è, appunto, in *La methode graphique*: pubblicato la prima volta nel 1878, rappresenta già un punto di arrivo, la "presentazione" dei risultati raggiunti; verrà più volte ripubblicato, a testimonianza del valore sempre attribuito a questo metodo. Marey infatti non cessò mai di ribadire l'importanza del metodo grafico, anche quando la fotografia venne a integrarne le possibilità.

L'Introduzione al testo, nella sua prima parte, oppone l'inadeguatezza dei sensi, dipinta con accenti quasi cartesiani nella sottolineatura degli errori cui essi ci conducono, alle possibilità e alla precisione di un metodo che riesce ad afferrare [*saisir*] per poi restituire l'andamento e le variazioni dei fenomeni, vale a dire la loro natura più completa¹². Ciò che sfugge, infine, all'osservazione «diretta», come la definisce spesso Marey.

Lo scopo della registrazione e dell'iscrizione grafica non è tanto misurare, ma piuttosto rappresentare, tradurre: questi verbi ricorrono spesso

¹⁰ Id., *L'ipotesi del trasformismo*, *ibid.*, pp. 104-105 (corsivo mio).

¹¹ Cfr. Id., *Du mouvement dans les fonctions de la vie*, cit., p. V.

¹² Cfr. Id., *La Methode graphique dans les sciences expérimentale*, Masson, Paris 1878, *Introduction*, pp. I-III.

nell'Introduzione e in tutto il testo; si *traduce* e si *rappresenta* in linee che «apparecchi iscrivitori» tracciano su fogli: linee curve, più precisamente, che sono l'*espressione* fedele dei fenomeni.

La potenza del metodo grafico è in una sua duplice funzione: è infatti, letteralmente, modalità di espressione e strumento di ricerca¹³.

È un metodo che accoglie e risponde a quell'imperativo espresso con chiarezza da Marey molto precocemente, cogliere un fenomeno nel tempo: *cronografia* è il termine che ne definisce i risultati. Ad esempio lo spostamento di un corpo, e delle sue parti, nello spazio, va valutato nel suo svolgimento temporale, lento o veloce che sia. Quando si tratta di movimenti estremamente rapidi, scrive Marey, la cronografia è davvero ammirevole: «autentico microscopio del tempo, essa mostra che l'istante indivisibile di cui spesso si parla non esiste, e che a volte atti regolari, ritmati e coordinati in maniera perfetta, avvengono in un centesimo di secondo»¹⁴. Come scriverà più tardi, «con la *cronografia* l'infinitamente piccolo del tempo non sfugge più alle nostre investigazioni»¹⁵.

Indispensabili, per queste analisi minuziose, ripetute, che non si arrestavano davanti a nessuna difficoltà, apparecchi che le seguissero e le rendessero possibili. Marey fu uno straordinario costruttore di macchine: le concepiva da solo e spesso le realizzava da solo, o con pochi aiuti. Ciascuno di questi apparecchi veniva via via modificato, perfezionato, adattato alla questione cui doveva rispondere. Non è mai stata questione secondaria: degli apparecchi costruiti Marey diede sempre ampio e preciso resoconto, negli articoli e nei volumi pubblicati; erano infatti parte integrante delle sue sperimentazioni. Certo, si trattava di una sperimentazione "intraprendente" e creativa, assolutamente non comune.

Un episodio tra tanti mostra questa intraprendenza "sperimentale": nel 1872, riferendo i suoi esperimenti sulla scarica elettrica della torpedine compiuti a Napoli, Marey ricordava la cortesia del prof. Albini, direttore

¹³ Cfr. *ibid.*, pp. VI-VIII.

¹⁴ *Ibid.*, p. XII.

¹⁵ Id., *Le vol des oiseaux*, Masson, Paris 1890, *Préface*, p. VIII.

all'Università di Napoli dell'Istituto di Fisiologia, che gli aveva messo a disposizione il suo laboratorio e i suoi strumenti; ma lamentava l'«assoluta insufficienza» – fondamentalmente la lentezza - degli «apparecchi registratori» che lì si trovavano. Non potendo far venire quegli apparecchi dalla Francia, e non volendo rinunciare ai propri esperimenti, decise di costruire egli stesso apparecchi adatti alle indagini che si proponeva¹⁶.

2. Cronofotografia e fotografia istantanea

Nella riedizione del 1885 de *La Methode graphique* Marey inserì un lungo supplemento dedicato allo *Sviluppo del metodo grafico con l'impiego della fotografia*¹⁷. Anche in questo caso si trattava della presentazione di un percorso già compiuto.

Dopo la prima pubblicazione di quest'opera – scriveva Marey nell'*Introduzione* - ho cercato nell'impiego della fotografia la soluzione di alcuni problemi che sfuggivano all'iscrizione meccanica del movimento. [...]. Un artificio che consiste nel prendere, su una stessa lastra immobile, a intervalli di tempo uguali, una serie di fotografie di un corpo che si sposta, traduce in una forma estremamente semplice i movimenti più complicati. La *Cronofotografia*, questo è il nome che darò a questo procedimento sperimentale, che colma una grossa lacuna del metodo grafico. Coglie con facilità fenomeni che sfuggono all'osservazione diretta e anche all'impiego degli apparecchi iscrivitori ordinari. Non solo i fisiologi, ma in generale tutti gli sperimentatori troveranno nella cronofotografia la soluzione di un gran numero di problemi¹⁸.

¹⁶ Cfr. Id., *Mémoire sur la torpille*, in «*Annales Scientifiques de l'Ecole Normale Supérieure*», 1, 2^e série, 1872, p. 99. L'articolo fu anche pubblicato, lo stesso anno, in «*Journal de l'Anatomie et de la Physiologie Normales et Pathologiques de l'Homme et des Animaux*», 8, 1872, pp. 468-499.

¹⁷ Id., *La Méthode graphique dans les sciences expérimentales*, deuxième tirage augmenté d'un supplément sur *Le développement de la méthode graphique par la photographie*, Masson, Paris 1885.

¹⁸ *Ibid.*, p. XIX.

La fotografia offre possibilità davvero inattese all'indagine sul movimento: l'analisi del suo *tempo*, che sola per Marey può garantirne una rappresentazione completa, trova nell'uso della luce intermittente sull'obiettivo, nell'*esposizione* a intervalli regolari e molto ravvicinati, uno strumento formidabile¹⁹.

La locomozione animale è il campo d'indagine in cui Marey sperimenta senza sosta, e con incrollabile entusiasmo, le nuove possibilità della fotografia; oggetto di studi già ampiamente vagliato ne *La Machine animale. Locomotion terrestre et aérienne*, testo del 1873²⁰, con l'ausilio del metodo grafico e con risultati mirabili, ma, appunto, ulteriormente migliorabili.

Nell'approccio al nuovo metodo da parte di Marey è cruciale un "incontro", quello con le stupefacenti fotografie in successione di un cavallo lanciato al galoppo, realizzate dal fotografo Eadweard Muybridge. Marey vide queste immagini nelle pagine de *La Nature*, che le aveva pubblicate il 14 dicembre 1878. Già il 18 dicembre il redattore capo Gaston Tissandier riferiva dell'enorme interesse che queste avevano suscitato. Riportava poi una lettera inviatagli da Marey, il quale, dichiarandosi «pieno di ammirazione per le fotografie istantanee» di Muybridge, chiedeva all'amico di essere messo in contatto con il loro autore, al quale voleva chiedere aiuto e collaborazione per la soluzione di «alcuni problemi di fisiologia tanto difficili da risolvere con altri metodi». Ad esempio, per la questione del volo degli uccelli: scriveva di aver immaginato «una sorta di *fucile fotografico* che colga l'uccello in una posizione, o meglio in una serie di posizioni che fissino le fasi successive del movimento delle sue ali. [...] Vedete – concludeva – che il mio entusiasmo è debordante [...]»²¹. Di Muybridge dunque non lo stupì l'illusione del movimento continuo, ma la resa *istantanea* delle fasi successive di un movimento così veloce: cronofotografia, appunto. Ma non nel senso pieno e articolato che vi attribuirà Marey.

¹⁹ Ampia sintesi di queste possibilità in Id., *La photographie du mouvement*, Carré, Paris 1892.

²⁰ Id., *La machine animale. Locomotion terrestre et aérienne*, Baillière, Paris 1873.

²¹ G. Tissandier, *Correspondance sur les allures du cheval reproduites par la photographie instantanée* (lettre du 18 décembre), in «La Nature», 291, 28 décembre 1878, p. 54.

Marey aveva, dopo quella lettera del 1878 al direttore de *La Nature*, effettivamente contattato Muybridge, gli aveva chiesto di provare la sua tecnica con gli uccelli in volo, e lo aveva in seguito incontrato a Parigi, dove Muybridge aveva portato anche qualche sua fotografia di uccelli in volo²². Marey non ne era stato tuttavia completamente soddisfatto: non si trattava, come invece nel caso di fotografie di uomini o cavalli, di «rappresentazioni di posture successive», di una *serie* di immagini lontane frazioni di secondo l'una dall'altra. Muybridge usava molti apparecchi fotografici disposti su una linea che coglievano, ciascuno con uno scatto, i momenti del movimento dell'animale, il cavallo al galoppo, ad esempio. Impossibile fotografare allo stesso modo il volo degli uccelli, che non aveva una traiettoria lineare e prevedibile.

Questo fu possibile, e fu realizzato da Marey, solo usando un'unica lastra sulla quale imprimere in successione di tempo regolare, e molto ravvicinata, le immagini catturate dall'obiettivo. Pochi anni dopo l'"incontro" con le fotografie di Muybridge, nel 1882, Marey realizzò infatti quel fucile fotografico che aveva immaginato.

Il momento, nell'evoluzione della tecnica fotografica, era davvero cruciale: era avvenuta «una rivoluzione», come la definì Albert Londe²³, vale a dire l'utilizzo di lastre fotografiche alla gelatina bromuro d'argento, che permettevano uno sviluppo posticipato, e quindi rendevano più semplice, ad esempio, fotografare all'aperto, lontani da una camera oscura. Soprattutto questo nuovo procedimento, per la sua alta sensibilità alla luce, consentiva tempi di esposizione molto più brevi, e quindi, finalmente, una *fotografia istantanea*²⁴. La commercializzazione delle lastre al bromuro d'argento,

²² Lo riferisce più volte lo stesso Marey nei numerosi articoli che pubblicò a proposito dell'analisi del movimento degli animali compiuta con la fotografia; cfr. ad esempio E.-J. Marey, *Emploi de la photographie instantanée pour l'analyse des mouvements chez les animaux* (séance du 10 avril), in «Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences», 1882, 94, 15, p. 1013.

²³ A. Londe, *La photographie instantanée. Théorie et pratique*, Gauthier-Villars, Paris 1886, p. 4.

²⁴ Il percorso che conduce a questa "rivoluzione" è tracciato, con le sue ombre e i suoi equivoci, in A. Gunthert, *La conquête de l'instantané. Archéologie de l'imaginaire photographique en*

intorno al 1880, evitava poi anche le insidie della preparazione autonoma, come gli errori nel dosaggio della composizione, errori che, anche minimi, potevano compromettere la qualità dello scatto.

Marey, in un articolo dedicato all' "invenzione" del fucile fotografico, segnalava l'utilizzo di questo procedimento, che, scriveva, «faceva sperare in immagini abbastanza nitide con un tempo di esposizione molto breve»²⁵. Era in realtà ben più che una speranza, piuttosto una condizione di possibilità, che Marey però non ricevette passivamente: fu il primo scienziato a sondarla, in Francia, e la condusse, con la sua intraprendenza sperimentale, a risultati che sarebbe stato difficile prima immaginare. Muybridge, ad esempio, continuava ad usare il collodio umido. Ma i propositi, le aspirazioni di Marey non erano evidentemente quelli di Muybridge, che, del resto, era soprattutto un fotografo e non uno scienziato, sebbene attraverso la fotografia si dedicasse anch'egli a studi sul movimento animale.

Il fucile, che aveva forma e dimensioni di un fucile da caccia, era un apparecchio complesso, ideato sul modello della pistola fotografica utilizzato dall'astronomo Janssen per riprodurre i movimenti del transito di Venere sul sole nel 1874. Gli scopi che guidavano la fabbricazione di entrambi gli apparecchi erano evidentemente la portabilità e la libertà di inquadratura, ma anche la possibilità di prendere scatti in successione. La velocità di un uccello in volo era però certamente superiore a quella di un pianeta, e l'ingranaggio contenuto nel fucile assicurava la conciliazione del movimento, e degli arresti, di otturatore, obiettivo, lastra sensibile, consentendo estrema velocità nella successione degli scatti.

Bisognava, infatti, ottenere almeno dieci o dodici immagini al secondo, per avere più posture dell'uccello ad ogni rivoluzione della sua ala. Inoltre, questa velocità mi era imposta dalla mia intenzione di disporre la serie di immagini ottenute in un fenachistoscopo al

France, 1841-1895, Histoire. Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales (EHESS), 1999. Si vedano soprattutto le pp. 206-273.

²⁵ E.-J. Marey, *Emploi de la photographie instantanée pour l'analyse des mouvements chez les animaux*, cit., p. 1015.

fine di riprodurre l'apparenza del movimento del volo dell'uccello; perché sappiamo che la breve durata della persistenza delle immagini sulla retina richiede una ripetizione frequente delle apparizioni luminose per dare al nostro occhio una sensazione continua²⁶.

Il fenachistoscopio, ideato dal fisico Plateau, era, come lo zootropo, sussidio indispensabile alle sperimentazioni fotografiche di Marey: strumento ottico creato per visualizzare immagini in movimento, era costituito da due dischi coassiali: un disco, con immagini disegnate sulla carta che rappresentavano i diversi "attimi" del movimento, e un disco con strette aperture attraverso le quali si guardavano le figure rotanti. Marey vi disponeva le fotografie istantanee che otteneva per meglio visualizzare le piccole variazioni del movimento.

A uno strumento creato per dare un'illusione ottica – il nome del resto gli veniva dal greco *phenakistès*, ingannatore – Marey chiedeva quindi un "supplemento" di visione, analitica piuttosto che sintetica²⁷. Inseguiva, letteralmente, obiettivi sempre più lontani, senza fermarsi ai traguardi raggiunti. Il metodo cronofotografico arrivava dove la registrazione grafica non poteva arrivare, ne proseguiva gli obiettivi, e certamente la fotografia di uomini e mammiferi colmava lacune lasciate dal metodo grafico; Marey vi si dedicò a lungo. Ma il nuovo metodo consentiva altro e di più: «la sua superiorità è lampante quando viene applicata a movimenti di estrema complessità»²⁸. E il movimento degli uccelli in volo era certo estremamente

²⁶ *Ibid.*

²⁷ «Tous les protagonistes du "pré-cinéma" décomposent le mouvement animal et humain mais aux fins de la reconstituer dans sa continuité dans le zootrope (notamment). Ils n'envisagent cette décomposition que comme un artifice. Ou une expérience d'optique. Les recherches et les expériences accompagnant ce processus, quand elles ont une dimension scientifique, se situent du côté de la perception, non de la locomotion. [...] Plateau et les autres font progresser la connaissance scientifique de la vision humaine – sa physiologie –, mais Marey ne s'intéresse pas à la vision. Comme scientifique, ce n'est pas son objet. [...] Son objet, c'est le mouvement» (F. Albera, *Pour une épistémographie du montage: le moment-Marey*, in *Arrête sur l'image, fragmentation du temps*, ed. par F. Albera, M. Braun, A. Gaudreault, Payot, Lausanne 2002, p. 33).

²⁸ *Id.*, *La Photographie du Mouvement*, cit., p. 40.

complesso. Un oggetto di studi che Marey non si era precluso prima, nonostante le enormi limitazioni che imponeva il metodo grafico: gli uccelli venivano imprigionati in un corsetto e collegati, con un filo, all'apparecchio iscrittore²⁹; se ne ricavava, comunque, solo la successione di punti su una retta, e non la rappresentazione di tutti i punti di un corpo in movimento, come invece permetteva di fare la fotografia, pur se parziale perché condizionata dal "punto di vista".

Nello "sguardo" di Marey i sensi, pur se denunciati nelle loro insufficienze, erano chiamati a pronunciarsi, nella ricerca di Marey, sempre di nuovo. I "metodi" via via sperimentati e migliorati non colmavano solo una lacuna, ma ampliavano le possibilità della stessa osservazione diretta.

Certamente Marey, che tanto condivideva con Claude Bernard, fisiologo e medico, non poteva dividerne del tutto le affermazioni su una netta dicotomia tra osservazione ed esperimento. «Bisogna osservare senza preconcetti – scriveva Bernard nel 1865 - la mente dell'osservatore deve essere passiva, deve tacere». Una volta constatato il fatto, "osservato" il fenomeno, intervenivano l'idea, il ragionamento, e insieme lo sperimentatore per interpretare lo stesso fenomeno. Bernard "rappresentava" l'assoluta passività imposta all'osservazione in modo significativo: «l'osservatore deve essere il fotografo dei fenomeni, la sua osservazione deve rappresentare in maniera esatta la natura». E più oltre, raccomandando di comportarsi nell'osservazione di un fenomeno patologico come in quella di un fenomeno fisiologico, aggiungeva: «non bisogna mai andare al di là del fatto, ma essere in qualche modo il fotografo della natura»³⁰. La preoccupazione di Bernard a proposito della possibile intromissione di «preconcetti» nell'investigazione scientifica, non era fra le preoccupazioni di Marey. Innanzitutto Marey era un fisiologo "puro", non aveva a che fare, come Bernard, con l'oscurità dei tessuti e della malattia. E la fotografia, la cui tecnica quindici anni dopo la pubblicazione del testo di Bernard non era già più lo stesso, non poteva in

²⁹ Marey ricorda questi esperimenti in *Le vol des oiseaux*, cit., alle pp. 95 e ss.; 103 e ss. Li aveva esposti diffusamente in *La machine animale*, cit., pp. 218-288.

³⁰ C. Bernard, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, cit., pp. 40 e 336.

alcun modo, per Marey, essere metafora di passività. Oltre a condurre e trasformare gli strumenti fotografici e l'atto stesso del fotografare, egli stabiliva con gli scatti effettuati, come e molto più che con i tracciati ottenuti tramite il metodo grafico, un dialogo in cui sguardo e idea si nutrivano l'uno dell'altra, in una sorta di incessante andirivieni. Al suo assistente Demeny, da Napoli, Marey chiedeva di frequente che gli inviasse le stampe delle fotografie che questi effettuava, e che rappresentavano soprattutto la locomozione umana e i movimenti nella respirazione. In una lettera del 12 novembre 1883, chiedendo ancora copie di fotografie della camminata e della corsa, aggiungeva: «vorrei averle sempre davanti agli occhi: fanno venire delle idee»³¹.

3. Osservazione della natura «dans son propre domaine»

1. Il volo degli uccelli e degli insetti

A Napoli Marey trascorse tutti gli inverni, dal 1881 fino al 1894. Motivi personali lo portarono e lo trattennero in città: accompagnava infatti madame Villbort, di salute malferma, nella speranza che un clima più mite di quello parigino potesse giovarle. Con il marito di lei, direttore del *Globe*, aveva comprato nel 1880 una villa sul mare, a Posillipo³². Qui Marey visse insieme a madame Villbort per circa sei mesi all'anno, da ottobre o novembre a marzo. Alla morte di lei, nel maggio del 1895, Marey cessò di venire a Napoli, e nel 1897 la villa fu venduta per procura: nessuno dei due proprietari era presente all'atto di vendita.

La scelta di Napoli fu però certamente anche incoraggiata dall'amicizia che legava Marey ad Anton Dohrn, zoologo tedesco, convinto assertore delle teorie darwiniane, che a Napoli aveva fondato, nel 1872, la Stazione zoologica,

³¹ *Lettres d'Étienne-Jules Marey à Georges Demeny*, éd. par Th. Lefebvre, J. Malthête, L. Mannoni, Association française de recherche sur l'histoire du cinéma, Paris 1961, p. 110.

³² Villa Maria; a proposito si veda D. Viggiani, *I tempi di Posillipo, dalle ville romane ai «casini di delizia»*, Electa, Napoli 1989, p. 128.

impresa anche questa straordinaria, luogo eccezionale di studio e di ricerca³³. A pochi metri dal mare, vi si poteva studiare *in situ* la ricchissima fauna sottomarina mediterranea, osservare direttamente e sperimentare. L'acquario, di nuovissima concezione, fu inaugurato nel 1874.

Non era la prima volta che Marey risiedeva in città; molte erano state le visite, più o meno brevi. Si è accennato ai suoi esperimenti sulla scarica elettrica della torpedine e ai suoi contatti con il prof. Albini, docente a Napoli. In due articoli pubblicati nel 1871 e nel 1872, Marey faceva esplicitamente riferimento a suoi soggiorni napoletani di qualche settimana³⁴.

Il dialogo scientifico tra Marey e Dohrn dovette essere intenso; l'opportunità della vicinanza quotidiana, per mesi e anni, lo rese piuttosto orale che scritto, ma è testimoniato, a piccoli tratti, anche dal carteggio presente all'Archivio storico della Stazione Zoologica. Uno scambio fitto di "prossimità", per lo più, fatto anche di biglietti, e costellato di rammaricate disdette di appuntamenti per le cattive condizioni di salute di Madame de Villbort o dello stesso Marey; ma anche di segnali della condivisione di ricerche, come quando Marey scrive a Dohrn che non può lasciare Madame de Villbort, la «povera malata», ma gli invia fotografie - sempre prove sperimentali - di cui certamente parlarono poi da vicino³⁵.

Si può situare la virata nelle ricerche di Marey e nelle sue pratiche sperimentali, proprio agli inizi degli anni '80: particolarmente, come si diceva, il passaggio deciso all'uso della fotografia, nella riproduzione del movimento animale, e insieme, nuovi oggetti di studio, o guardati in modo nuovo: gli uccelli, gli insetti, e la fauna marina. Il cielo e il clima napoletani, così come

³³ Sul progetto, realizzato, della Stazione zoologica, si veda A. Dohrn, *Delle presenti condizioni della zoologia e della fondazione di Stazioni Zoologiche* (1873) in S. Caianiello e C. Groeben (a cura di), *op. cit.*, pp. 55-82.

³⁴ Il già citato *Mémoire sur la torpille* (1872), e, prima, *Du temps qui s'écoule entre l'excitation du nerf électrique de la torpille et la décharge de son appareil* (séance du 9 octobre) in «Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences», 73, 1871, pp. 918-921. A p. 919 Marey scrive: «Un séjour de quelques semaines aux bords du golfe de Naples m'a fourni l'occasion d'étudier la décharge électrique de la torpille».

³⁵ Cfr. la lettera dell'8 aprile 1891. La lettera è conservata, insieme alle altre che Anton Dohrn ed Etienne-Jules Marey si scambiarono, nell'Archivio storico della Stazione Zoologica di Napoli.

l'acquario della Stazione zoologica e la generosità di Dohrn nel fornirgli animali vivi per esperimenti anche nel laboratorio che costruì nella torre della sua villa³⁶, gli permettevano infine di osservare davvero la natura «dans son propre domaine».

Quello che quindi, anche, radicò le ricerche di Marey a Napoli, insieme al favorevolissimo contesto scientifico e culturale, ai contatti e alle amicizie, alla disponibilità di animali acquatici vivi, fu un contesto *ambientale*, lontano però da qualsiasi connotato *paesaggistico*; fu, si può dire, almeno nei primi anni '80, quello stesso clima che lo induceva a spostarsi con madame Villbort, ma con altra declinazione: il "bel tempo" permetteva di osservare e fotografare gli animali *en plein air*.

E *l'en plein air* finì per assumere, nella sua ricerca, un valore e un'importanza tutt'altro che accessori.

Il fucile fotografico è evidentemente anche la risposta alla domanda della ricerca di osservare e fotografare la natura, gli uccelli in questo caso, *en plein air*. Ne *Le vol des oiseaux* Marey esplicita queste "qualità": il fucile fotografico doveva essere «portatile», e poter fotografare «un uccello che vola in libertà»; dunque un viaggiatore poteva utilizzarlo per prendere immagini del volo planare di grandi uccelli come aquile e condor, che si lasciano portare in volo senza sbattere le ali³⁷.

La realizzazione del fucile fu velocissima – un inverno – ma velocissima fu anche la comunicazione dei risultati raggiunti nella pubblicistica scientifica, caratterizzata da un ritmo incalzante che seguiva quello della sperimentazione e della scoperta. Così nello stesso anno 1882, a distanza di appena un mese, comparivano, nei «Comptes Rendues de l'Academie des Sciences», prima una lettera, poi un articolo a proposito del fucile

³⁶ Vi si riferiva Dohrn in una lettera tardiva, del 16 marzo 1897, in cui chiedeva appunto se Marey intendesse vendere l'intera villa o conservare per sé qualche stanza – ad esempio «la torre (il laboratorio)».

³⁷ E.-J. Marey, *Le vol des oiseaux*, cit., pp. 132 e 135.

fotografico³⁸. E lo stesso articolo, ma corredato da immagini compariva quasi contemporaneamente nelle pagine de «La Nature»³⁹.

La lettera, esplicitamente inviata da Napoli, annunciava brevemente, ma senza trascurare antefatti e riferimenti, la costruzione del fucile fotografico e le sue possibilità. Seguiva in calce una breve nota dell'astronomo Janssen, nominato più sopra da Marey perché aveva ideato e costruito una pistola fotografica alla quale Marey si era ispirato.

Dialogo mirabile, anche se breve, tra scienziati sperimentatori di diverse discipline, offerto alla conoscenza dei "confratelli" e al pubblico lettore.

Gli articoli danno conto diffusamente di quella scoperta: riferiscono quindi con accuratezza dell'uso, della costruzione e del funzionamento del fucile; se ne è citato qualche passaggio.

Nello stesso momento, nel giro di pochi, pochissimi anni, Marey si trovava dunque a realizzare un sogno – quello di dare spazi nuovi alla sperimentazione – in due modi diversi e complementari: da una parte quello "costruito", burocratizzato, bisognoso di fondi e dissipatore di fatiche, la Stazione fisiologica di Parigi; dall'altra quello "gratuito", in tutti i sensi, del contesto ambientale e scientifico napoletano: il sole, la luce, gli insetti, la stazione zoologica e la grande varietà, e disponibilità, di fauna acquatica.

Il carteggio con il suo assistente Demeny, rimasto a Parigi, offre una cronaca "intima", personale del lavoro di Marey a Napoli, che integra e completa quella affidata all'"ufficialità" dei testi date alle stampe.

Nell'inverno del 1881, il primo inverno trascorso in città, Marey sembra completamente assorbito dai problemi legati alla Stazione fisiologica: i fondi da ottenere, il luogo preposto, i rapporti con il Consiglio municipale di Parigi. Ha bisogno assoluto della collaborazione di Demeny, e soffre della distanza:

³⁸ Id., *Lettre (Naples, 9 mars 1882) au Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences sur la reproduction, par la photographie, des diverses phases des vols d'oiseaux, suivie des remarques de Janssen (séance du 13 mars)*, in «Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences», 94, 11, 1882, pp. 683-685. E il già citato *Emploi de la photographie instantanée pour l'analyse des mouvements chez les animaux*, cit.

³⁹ Id., *Le fusil photographique*, in «La Nature», 464, 22 avril 1882, pp. 326-330.

«da qui non posso fare niente», gli scrive il 27 novembre 1881⁴⁰. La corrispondenza con le autorità è difficile: passa «una settimana tra le mie domande e le risposte, questo mi paralizza completamente», scrive nella stessa lettera; ma aggiunge subito che lavora sempre ai dinamometri e alla «fotografia istantanea». Nella lettera del 29 novembre 1881 chiede a Demeny di comprare e spedirgli «una lente d'ingrandimento da mettere a punto per la fotografia»⁴¹.

Dopo molte lettere ancora in cui le seccature relative alla Stazione occupano tutto il breve spazio – perché queste lettere sono sempre brevissime ma dense, non tralasciano nulla, neppure interessanti quasi affettuosi al lavoro di Demeny – finalmente Marey chiude la lettera del 29 dicembre 1881 scrivendo: «in questo momento lavoro molto a diversi esperimenti e vorrei portare a Parigi dei risultati interessanti»⁴².

Le notazioni “climatiche” scandiscono questo scambio epistolare: il clima, il tempo che fa, la temperatura, sono parte integrante della ricerca, facilitano o impediscono gli esperimenti, condizionano anche lo stato di salute; il freddo, non di rado, lo fa ammalare⁴³. Perché spesso c'è un freddo sorprendente, insidia inattesa dell'inverno napoletano. «C'è un sole splendido ma il freddo è pungente, stanotte ha perfino gelato, cosa rara per Napoli» scriveva Marey il 24 gennaio 1882⁴⁴.

Il “cattivo tempo” napoletano, negli anni, non cessa di sorprendere Marey, tanto da scriverne ancora a Demeny il 13 febbraio 1885: «Abbiamo sempre temporali: è il peggior inverno che io abbia visto qui; ciò nonostante io sto bene. [...] Aspetto sempre un bel sole per fare qualche esperimento: [...] il cielo è limpido solo quando c'è tramontana, che impedisce di lavorare all'aria aperta [*en plein air*]»⁴⁵.

⁴⁰ Id., *Lettres à Demeny*, cit., p56.

⁴¹ *Ibid.*, p. 58.

⁴² *Ibid.*, p. 63.

⁴³ Cfr ad esempio la lettera del 17 febbraio 1882.

⁴⁴ *Ibid.*, p. 66.

⁴⁵ Id., *Lettres à Demeny*, cit., pp. 148-149.

Ma non mancano, naturalmente, le comunicazioni su condizioni climatiche favorevoli; nell'ottobre del 1882 ad esempio scriveva: «che caldo fa qui, arrostisce. Si potrebbero fare fotografie in un millesimo di secondo»⁴⁶; e pochi giorni dopo: «C'è un sole magnifico e mi metterò al lavoro»⁴⁷.

Il lavoro *en plein air* era evidentemente necessario per fotografare gli uccelli in libertà, e in tutte le posizioni del volo, ma permetteva anche, semplicemente, libertà e “gratuità” di osservazione. Ne *Le vol des oiseux* sono molti i passaggi in cui ci si affida al semplice sguardo, anche di “antichi” osservatori⁴⁸.

Altri problemi, anche più difficili, poneva la definizione del volo degli insetti; uno studio che pure era stato affrontato molti anni prima con l'ausilio del solo metodo grafico, e anche in questo caso, con straordinaria ingegnosità sperimentale⁴⁹.

Chiudendo la prefazione a *Le vol des oiseaux*, Marey dichiarava che non avrebbe parlato in questo libro del volo degli insetti, perché non vi aveva ancora applicato «i nuovi metodi esposti qui, che promettono di mostrarne tutti i dettagli. Forse potrò un giorno – concludeva - riprendere questo soggetto sviluppandolo come merita»⁵⁰. Lo fece ne *Le mouvement*, il testo che concepì come una *summa* del suo lavoro e che pubblicò nel 1894. Qui dedicò al volo degli insetti un intero capitolo, riferendo dei molti esperimenti compiuti nel corso dei suoi anni di ricerca, fino all'utilizzo della pellicola mobile invece della lastra fissa, strumento che, appunto, gli aveva già dato ottimi risultati nell'osservazione degli uccelli. Ma anche quando si disponeva all'osservazione del “volo libero” degli insetti, questi venivano in qualche modo “costretti”, introducendoli, ad esempio, in una scatola⁵¹. Solo la mosca che corre su un vetro e si alza in volo veniva osservata e fotografata nella sua

⁴⁶ *Ibid*, lettera del 20 ottobre 1882, p. 77.

⁴⁷ *Ibid.*, lettera del 31 ottobre 1882, p.78.

⁴⁸ Cfr. ad esempio *Id.*, *Le vol des oiseaux*, cit., pp. 20-23.

⁴⁹ Cfr. *Id.*, *La machine animale*, cit., pp. 187 e ss.

⁵⁰ *Id.*, *Le vol des oiseaux*, cit., p. XVI.

⁵¹ Cfr. *Id.*, *Le mouvement*, Masson, Paris 1894, pp. 247 e ss.

piena libertà⁵². Impossibile, evidentemente, osservare e fotografare un insetto in un volo completamente libero, o, per meglio dire, impossibile farlo ricavandone informazioni precise.

Ancora a proposito della Stazione fisiologica e dello spazio di sperimentazione, in un articolo pubblicato nel 1894, Marey ricordava che «allo studio degli esseri viventi sono indispensabili lo spazio, l'aria libera, la luce piena. Spesso si ha bisogno di condizioni difficili da realizzare: solo in campagna si può studiare la fisiologia degli insetti»⁵³.

Ci dovette però essere anche una forma di osservazione degli insetti - che rimase "privata", e fu tuttavia appassionata - in cui l'osservatore e l'animale osservato erano entrambi in piena libertà. Lo testimoniano, ancora una volta, alcune lettere inviate a Demeny. Il 30 novembre 1883 Marey scriveva: «gli insetti spariscono a vista d'occhio sotto il soffio della tramontana. So che le api si fanno vedere tutto l'anno, purché ci sia un raggio di sole, ma sono bestiole insignificanti in confronto alle mie bellissime libellule»⁵⁴. Il 4 dicembre dello stesso anno riferiva di un forte temporale, e aggiungeva: « gli insetti diminuiscono di giorno in giorno»⁵⁵. E l'8 dicembre: «c'è un tempo da cani e non ci sono né insetti né sole. Li ritroverò?»⁵⁶.

2. La «locomozione in acqua»

Verso la fine degli anni '80 gli studi di Marey sul volo degli uccelli e degli potevano dirsi compiuti. Marey era più spesso e più gravemente malato, e le condizioni di salute di M.me Villbort peggiorarono ulteriormente; l'osservazione *en plein air* era molto ridotta.

Ma quegli anni furono fecondissimi di nuovi studi relativi alla locomozione della fauna marina: gli animali vivi offerti da Dohrn e dalla Stazione zoologica, l'acquario della stessa Stazione, costituivano condizioni

⁵² Cfr. *ibid.*, p. 250.

⁵³ Id., *La Station physiologique de Paris* (Conférence du Collège de France), in «Revue Scientifique (revue rose)», 2, 26, 29 décembre 1894, p. 804.

⁵⁴ Id., *Lettres à Demeny*, cit., p. 113.

⁵⁵ *Ibid.*, p. 115.

⁵⁶ *Ibid.*, p. 117.

imprescindibili e assolutamente favorevoli. Insieme, naturalmente, all'acquario costruito nella torre annessa alla villa di Marey, che permetteva, grazie alla sua collocazione, di fotografare gli animali in diverse condizioni di luce. Anche la ricerca sul movimento degli animali acquatici fu infatti avvantaggiata da "ariose" aperture: l'acquario installato nella torre godeva appunto di luce naturale sullo sfondo, e permetteva quindi fotografie e indagini di tipo nuovo.

In un articolo pubblicato su «La Nature» nel 1890, Marey descriveva la posizione dell'acquario: «gli animali oggetto di sperimentazione nuotavano in un acquario con due pareti di vetro incastrate nell'apertura di un muro (...). Illuminato direttamente dalla luce dell'orizzonte, l'acquario formava un campo molto chiaro sul quale i diversi animali si profilavano in *silhouette*. A volte il vetro esterno dell'acquario veniva coperto con un pannello scuro; poi, aprendo un altro pannello collocato al di sopra dell'acqua, si potevano vedere gli animali, illuminati vivamente, stagliarsi su uno sfondo nero»⁵⁷.

I due articoli che offrono i risultati dell'osservazione "cronofotografica" della fauna acquatica, pubblicati entrambi nel 1890, come i gli articoli dedicati al movimento della razza, pubblicati nel 1893⁵⁸, e ancora come il capitolo dedicato ne *Le mouvement* alla *Locomotion dans l'eau*, mostrano, nelle lunghe e "pure" descrizioni, la consapevolezza di trovarsi davanti ad uno spettacolo del tutto nuovo. Al di fuori di un acquario, evidentemente, questi animali marini non erano stati, fino ad allora, neppure visibili.

Per fotografare la locomozione acquatica Marey si avvale esclusivamente della pellicola mobile, già messa alla prova con gli uccelli e gli insetti. Su un supporto immobile, infatti, si potevano ottenere immagini successive soltanto se l'oggetto da fotografare si stagliava su uno sfondo scuro; questo escludeva quasi del tutto la possibilità di studiare gli animali nel loro habitat naturale. «Al contrario – scriveva Marey – sulla pellicola che scorre al

⁵⁷ Id., *La locomotion dans l'eau étudiée par la photochronographie*, in «La Nature», 911, 15 novembre 1890, pp. 375-378.

⁵⁸ Id., *Des mouvements de natation de la raie* (séance du 16 janvier), in «Comptes Rendus H ebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences», 116, 3, 1893, pp. 77-81; Id., *Mouvements de natation de la raie*, in «La Nature», 1029, 18 février 1893, pp. 177-178.

centro dell'obiettivo io posso raccogliere 10, 15, 20 immagini al secondo di un oggetto che si staglia su qualsiasi sfondo»⁵⁹.

Come sempre uno sguardo attentissimo accompagna la fotografia, sguardo quasi preso da fascinazione per la varietà e la particolarità della locomozione degli animali acquatici: la propulsione del polpo e della medusa, il moto ondulatorio della razza, il movimento rapidissimo della pinna dorsale dell'ippocampo, lo spostamento lentissimo della comatula o della stella marina⁶⁰.

Meno accentuata, in questo caso, la sosta dello sguardo sulla fotografia, quasi del tutto assente il ritorno dello sguardo dalla fotografia all'animale; più lungo l'indugio su un'osservazione "diretta".

Uno degli studi di Marey sugli animali marini forse più "spettacolare", certamente esemplare di un modo di procedere nella sperimentazione, è quello sul nuoto della razza, che pure gli venne fornita da Dohrn. Spettacolare anche per il particolarissimo movimento ondulatorio delle pinne laterali dell'animale, molto simile a quello delle ali dell'uccello, scrive Marey ne *Le mouvement*⁶¹.

Lo studio è condotto, come sempre, in maniera particolarmente ingegnosa. Le difficoltà di far stare fermo l'animale davanti all'obiettivo, e nello stesso tempo la necessità di consentirgli libertà nel movimento delle pinne, lo indussero alla creazione di una struttura di «contenzione» complessa e assolutamente funzionale: una sbarra di ferro fissata orizzontalmente alle pareti dell'acquario, cui era legato il tronco dell'animale. Marey ne ricavò delle fotografie che riproducevano, di fronte e lateralmente, la serie dei movimenti ondulatori in verticale delle pinne, che sarebbero però rimaste parzialmente enigmatiche senza la restituzione del suo sguardo attraverso la descrizione: l'onda che percorre il corpo della razza in

⁵⁹ Id., *La locomotion aquatique étudiée par la photochronographie* (séance du 28 juillet), in «Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences», 111, 4, 1890, p. 213.

⁶⁰ Cfr. *ibid.*, pp. 213-216; e Id., *Le mouvement*, cit., pp. 220-221.

⁶¹ Id., *Le mouvement*, cit., p. 219.

orizzontale, ad esempio, quando muove le pinne laterali secondo un'ondulazione verticale.

Al termine di un'analisi così accurata, un auspicio per l'osservazione e la sperimentazione: «Non disperiamo di ottenere anche i movimenti di una razza che nuota liberamente: è soltanto questione di tempo e di pazienza»⁶².

⁶² *Ibid.*, p. 218.