

Giuseppe Vitiello
Essere nel mondo: io e il mio doppio

1. Il dilemma di Lashley

Negli anni quaranta, sulla base delle sue esperienze di laboratorio Karl Lashley osservava: «Qui è il dilemma. Impulsi nervosi sono trasmessi (...) da cellula a cellula attraverso definite connessioni cellulari. Eppure, tutto il comportamento sembra essere determinato da masse di eccitazioni (...) entro campi generali di attività, senza riferimento a particolari cellule nervose (...). Quale tipo di organizzazione nervosa può mai rendere conto di configurazioni di eccitazioni [che si propagano] senza ben definiti e specializzati canali di comunicazione cellulare? Il problema è quasi universale nell'attività del sistema nervoso». ¹ Lashley arrivava così alla formulazione dell'ipotesi dell'*azione di massa* nel memorizzare e nel ricordare informazioni da parte del cervello. Le osservazioni sperimentali di Lashley sono state ampiamente confermate da numerosi studiosi, neurologi e neuropsicologi. ² Tra questi, Karl Pribram negli anni sessanta ha avanzato l'ipotesi che per il cervello si possa usare la metafora dell'ologramma. ³ Negli ologrammi la conoscenza di un particolare in un punto qualsiasi dell'immagine permette di ricostruire tutta l'immagine. Alla base di tale possibilità c'è la *coerenza di fase* che caratterizza il laser usato per produrre e per leggere l'ologramma. ⁴ Pribram dunque propone che anche per l'attività cerebrale si possa parlare di *coerenza*. L'osservazione della cooperazione diffusa tra miliardi di neuroni su vaste zone cerebrali, la loro simultanea reattività a stimoli esterni, la mancanza di riferimento a particolari reti di comunicazione cellulare (nonostante la fitta rete dendritica) induce infatti a pensare che i neuroni *oscillino in fase*.

Utilizzando sofisticate tecniche di analisi dei potenziali misurati con l'elettroencefalogramma (EEG) e con il magnetoencefalogramma (MEG) si osserva dunque che l'attività neurale della neocorteccia presenta la formazione di configurazioni estese di moti oscillatori modulati in ampiezza e in fase. Queste configurazioni emergono dalla cooperazione di miliardi di neuroni e si estendono su quasi tutto l'emisfero cerebrale per conigli e gatti e su domini di dimensioni lineari fino ad una ventina di centimetri nel cervello umano⁵ e presentano una dispersione di fase quasi nulla (sono praticamente sincroni, *in fase*).⁶ Tale stato di cooperazione neurale ha una durata che va all'incirca dal decimo al centesimo di secondo (in termini di frequenza nell'intervallo 12-80 Hz delle onde cosiddette beta e gamma). Dopo qualche decimo di secondo (3-12 Hz, onde theta e alpha) dalla dissoluzione di tale stato ne appare un altro in una diversa configurazione.⁷

Ci si pone quindi il problema di quale possa essere l'agente e come esso riesca «a vincolare e a portare all'ordine globale nel giro di pochi millesimi di secondo i miliardi di neuroni che compongono ciascun emisfero umano (...). Le trasmissioni su cui si instaura la cooperazione coprono distanze che sono mille volte superiori al diametro dell'estensione assonica e dendritica della stragrande maggioranza dei neuroni (...) e il tempo necessario per inviare impulsi tra i moduli corticali è troppo lungo per consentire una sincronizzazione generale dei treni di impulsi».⁸

Rendere conto del comportamento collettivo di un insieme di molti elementi è compito della Meccanica statistica e nel caso dei neuroni Hopfield⁹ ha posto la questione della stabilità della memoria e di altre proprietà macroscopiche del cervello chiedendosi se anche per reti neurali le proprietà funzionali e la loro stabilità possano emergere facendo ricorso a fenomeni collettivi. I metodi della Meccanica statistica classica si sono rivelati estremamente potenti nel dare risposte alle questioni poste da Hopfield.¹⁰ Ne è risultato un progresso enorme e rapido nella comprensione e nella progettazione di reti neurali con un vasto campo di applicazioni pratiche. Tuttavia, questi metodi di analisi in termini di Meccanica Statistica classica non hanno portato ad una sostanziale comprensione dei fenomeni di cooperazione neurale nel cervello. In realtà, il campo elettrico e il campo magnetico associati alle correnti dendritiche risulta essere troppo debole per essere respon-

sabile della correlazione neurale osservata, e la diffusione di agenti e neurotrasmettitori chimici è troppo lenta per spiegare l'attività *collettiva globale* osservata in laboratorio.¹¹

La biologia molecolare ha raccolto e continua a raccogliere successi enormi nella scoperta di *costituenti* o “mattoni” usati dalla Natura nella costruzione dei sistemi biologici. Il problema è ora quello della comprensione del *come* mettere assieme questi costituenti elementari in modo tale che ne possa risultare il complesso comportamento a livello mesoscopico e macroscopico del sistema nella sua interezza. In termini molto generali, il problema è quello della transizione dal *naturalismo*, cioè dalla conoscenza dei cataloghi dei componenti elementari, alla comprensione della *dinamica* che rende conto delle relazioni che *legano* tali componenti e descrive il comportamento del loro *complesso* e cioè del sistema come un *tutt'uno*. La fase del naturalismo è ovviamente essenziale e richiede un enorme impegno di indagine accurata e paziente. Pur essendo essa necessaria, non è tuttavia sufficiente ai fini della comprensione piena, che si possa dire scientifica, dei fenomeni oggetto del nostro studio. Sapere non è ancora comprendere. In proposito, è interessante notare che Schrödinger, nel considerare i sistemi biologici e l'ordinamento nello spazio e nel tempo in essi manifesto, distingue tra «due modi di produrre l'ordine»: ¹² ordine generato da *meccanismi statistici* e ordine generato dalla *dinamica* nelle interazioni tra componenti quantistici. È esperienza comune che una successione di reazioni chimiche temporalmente concatenate (ordinate nel tempo), come spesso osservate nei sistemi biologici, ben presto collassa a causa delle interazioni casuali con l'ambiente in cui è immersa. La stabilità funzionale e l'efficienza chimica osservata nei sistemi biologici è ben lungi dall'essere “regolarità solo in media” ¹³ quale quella ottenibile in un approccio statistico basato unicamente sugli urti casuali delle molecole. Schrödinger osserva che «non c'è bisogno di immaginazione poetica ma solo di chiara e sobria riflessione per riconoscere che ci troviamo ovviamente di fronte ad eventi il cui regolare e rigoroso svilupparsi è guidato da un “meccanismo” interamente differente dal meccanismo della fisica probabilistica». ¹⁴

In questo contesto, nel 1967 Ricciardi e Umezawa proposero il modello quantistico del cervello ¹⁵ utilizzando la teoria quantistica

dei campi (QFT) che descrive, fornendo risultati sperimentalmente confermati, l'emergere dell'ordinamento in sistemi quali i cristalli, i ferromagneti, i superconduttori, *etc.* Nel paragrafo che segue illustro brevemente tale modello.

2. Il modello quantistico del cervello di Ricciardi e Umezawa

Partendo dal fatto che la Meccanica Statistica classica e l'approccio in termini di forze con un limitato raggio di azione (*a corto range*) della biologia molecolare, sebbene necessarie, non risultano essere strumenti completamente adeguati per descrivere la dinamica del cervello, Ricciardi e Umezawa¹⁶ proposero che l'ordine emergente nella formazione delle configurazioni di neuroni globalmente correlati fosse generato attraverso il meccanismo della rottura spontanea della simmetria (RSS) noto nella fisica della materia condensata e delle particelle elementari.¹⁷

È utile ricordare, anche se molto brevemente, che nel meccanismo della RSS le proprietà di simmetria della dinamica microscopica implicano l'esistenza di *campi* che propagandosi su tutto il sistema inducono la formazione di configurazioni ordinate dei componenti elementari. Nella fisica quantistica, alla natura ondulatoria di questi campi è associata una particella o quanto il cui ruolo è quello di messaggero, o vettore, responsabile del propagarsi dell'informazione dell'ordinamento tra i componenti elementari.¹⁸ Esso è dunque un quanto di correlazione dei componenti elementari su grandi distanze (*a lungo range*). A tale particella viene dato il nome di quanto di Nambu-Goldstone (NG) e il teorema che ne dimostra l'esistenza *necessaria* nell'ipotesi della rottura spontanea della simmetria è detto teorema di Goldstone. La simmetria si dice 'spontaneamente' rotta quando lo stato fondamentale del sistema non possiede tutte le proprietà di simmetria delle equazioni che definiscono la dinamica del sistema a livello microscopico.¹⁹ Quando questo accade, lo stato del sistema presenta un certo tipo di ordinamento; ad esempio spaziale, come gli atomi in un cristallo, o temporale, come le oscillazioni in fase (sincrone) di componenti elementari. Questo non deve sorprendere dal momento che *ordinare* un certo numero di oggetti significa

introdurre un elemento di *distinzione* tra di essi, per esempio, nel caso di ordine spaziale, “numerarli” sulla base della loro disposizione spaziale (dandone le coordinate). Al contrario, una configurazione *simmetrica* degli stessi oggetti è caratterizzata dal fatto che scambiando di posto gli oggetti tra di loro si ottiene una configurazione in tutto equivalente alla precedente. *In questo senso* gli oggetti sono tra di loro *indistinguibili*. L'ordine appare dunque come *manca* (o rottura, appunto) della simmetria. Chiaramente all'ordine è associato un più alto grado di *informazione*; nel nostro esempio gli oggetti *diventano* tra di loro *distinguibili* perché ordinati, informazione che non è presente nel caso di una configurazione simmetrica. Il teorema di Goldstone mostra che affinché i componenti elementari del sistema si possano organizzare in strutture ordinate, la consistenza matematica impone che la dinamica generi un campo (di NG appunto) *che si faccia carico* dell'ordinare i componenti elementari.²⁰ Quando si dice che nello stato del sistema (di norma ci si riferisce allo stato di minima energia detto stato fondamentale o vuoto) sono *condensati* dei quanti di NG, si intende che in tale stato si osservano delle strutture ordinate. Il fenomeno della *condensazione* di quanti di NG comporta dunque il formarsi di configurazioni in cui i componenti elementari sono correlati su grandi distanze. Il fenomeno della condensazione comporta un cambiamento di scala, in quanto dalle dimensioni microscopiche delle interazioni tra i componenti elementari si passa alle dimensioni mesoscopiche e/o macroscopiche dei domini ordinati. I sistemi ordinati sono dunque *sistemi quantistici macroscopici*²¹ e in quanto tali manifestano un comportamento classico. Le proprietà ‘classiche’ che essi possiedono e manifestano in virtù dell'ordinamento in essi presente non sono derivabili se non ricorrendo alla dinamica quantistica che permette il meccanismo della rottura della simmetria.

Il modello di Ricciardi e Umezawa si colloca dunque all'interno di tale scenario della QFT. Lo stimolo esterno cui è sottoposto il cervello induce la rottura spontanea della simmetria, la dinamica endogena del cervello quindi genera i quanti di correlazione a lungo *range* di NG previsti dal teorema di Goldstone con la loro conseguente condensazione nello stato fondamentale: secondo il modello è questo il meccanismo che presiede alla formazione della memoria.

La “memoria” così generata come effetto dello stimolo esterno ha come indice o codice distintivo la densità della condensazione dei quanti di NG. È utile osservare subito che in questo processo non viene costruita alcuna “rappresentazione”, nel senso che comunemente viene dato a questo termine in neuropsicologia o nelle scienze cognitive, dello stimolo esterno all’origine del processo di memorizzazione; su questo punto tornerò in seguito. La struttura ordinata che va a formarsi dipende dalla dinamica interna del cervello. Anzi, non solo uno stimolo diverso, ma anche lo stesso stimolo esterno può dar luogo, in condizioni diverse sia esterne che interne al cervello a configurazioni ordinate diverse (sebbene indicizzate con (quasi) la stessa densità di condensazione di quanti di NG; questo permette di individuare *categorie* di stimoli comportamentali), cioè con diverse caratterizzazioni di oscillazioni in ampiezza e in fase e coinvolgenti non necessariamente le stesse masse neurali. Una tale situazione concorda perfettamente con quanto viene osservato in laboratorio, e cioè col fatto che non viene osservata invarianza delle configurazioni di moti oscillatori modulati in ampiezza e in fase quando il soggetto viene sottoposto allo stesso stimolo esterno nella stessa sessione o in sessioni diverse.

Il meccanismo del ricordare o “richiamo di una memoria” viene descritto nel modello come il processo di eccitazione di quanti di NG dallo stato fondamentale corrispondente alla densità di condensato di quella memoria. Questo è un processo di “lettura” del condensato con quella specifica densità nel quale il cervello “prende coscienza” (*consciously feels*)²² dell’aver in epoca precedente memorizzato quel ricordo. L’agente che provoca il ricordo è uno stimolo esterno “simile” a quello che ne ha indotto la memorizzazione. Si noti che per tale stimolo l’essere simile si riferisce non a una similitudine “tra stimoli”, ma al fatto che esso è in grado di eccitare quanti di NG da uno stato di condensazione simile a quello indotto dallo stimolo originariamente responsabile della memorizzazione.²³ In questo modo il modello prevede una molteplicità di possibili fenomeni comunemente sperimentati, tra i quali, ad esempio, la possibilità che un certo ricordo venga evocato da stimoli completamente diversi da quello che ne ha indotto la memorizzazione e in condizioni in parte o del tutto diverse da quelle in cui ci si trovava quando il ricordo veniva memorizzato.

Si noti che lo stato fondamentale essendo quello di minima energia non è soggetto a decadimento, è stabile. La condensazione nello stato fondamentale descrive quindi la “memoria a lungo termine”. La “memoria a breve termine” viene descritta come uno stato di condensazione “eccitato”, quindi dotato di una vita media finita (e relativamente breve). Il cervello viene sottoposto a stimoli che riportano il cervello al suo stato di eccitazione con la pratica del “ripassare”.²⁴

Memorizzare e ricordare, coinvolgendo correlazioni a lungo *range*, sono dunque attività “diffuse” su regioni cerebrali estese. Essendo esse legate al processo di condensazione, che è caratterizzato dalla coerenza dei quanti di NG nello stato fondamentale, sono attività legate alla coerenza. Il modello quantistico realizza in questo senso la proposta di Pribram. È da osservare che il modello rende conto del fatto che la funzionalità del cervello, pur in presenza di attività sia a carattere diffuso che localizzato, appare non strettamente dipendente dall'attività del singolo neurone.²⁵ Si osserva sperimentalmente che l'asportazione di regioni di estensione non trascurabile o il loro danneggiamento accidentale non influenzano la funzionalità del cervello. Nel modello questo risultato è ottenuto grazie al carattere collettivo della dinamica, che implica cioè correlazioni a lungo range.

Occorre ricordare a questo punto che, sulla scia di lavori e proposte teoriche di Herbert Fröhlich²⁶ sul ruolo della polarizzazione elettrica nella materia vivente e di Alexander Davydov²⁷ sul ruolo dei fenomeni quantistici e della nonlinearietà della dinamica in molti settori della biologia negli anni ottanta viene proposto un approccio allo studio dei sistemi biologici in termini di QFT.²⁸ Anche in questo caso il meccanismo centrale è quello della rottura spontanea della simmetria indotto da apporti energetici esterni (tipicamente nel processo di alimentazione). La simmetria in questione è quella rotazionale dei dipoli elettrici dell'acqua. Questa costituisce mediamente oltre l'80% della massa dei sistemi biologici e date le sue proprietà chimico-fisiche ci si aspetta che condizioni l'attività biochimica delle cellule e delle macromolecole in essa immerse. È infatti un dato sperimentale che non c'è attività biochimica se non in ambiente acquoso. La rottura della simmetria rotazionale dei dipoli elettrici comporta la generazione dinamica dei quanti di NG, che in questo caso sono chiamati quanti delle onde di dipolo (*dipole wave quanta*, DWQ), e la loro condensazione nello stato fonamen-

tale. In questo approccio l'ordinamento macroscopico osservato nella materia vivente è dunque sotteso dalla dinamica microscopica (quantistica) delle oscillazioni coerenti dei dipoli elettrici. Facendo ricorso a tale schema, negli anni novanta Jibu e Yasue propongono che anche nel modello di Ricciardi e Umezawa la simmetria che viene rotta dallo stimolo esterno è quella rotazionale del campo vibrazionale dei dipoli elettrici dell'acqua e i quanti di NG sono i DWQ.²⁹

È infine molto importante notare che nel modello i neuroni e le altre cellule non sono considerati come componenti quantistici. I gradi di libertà quantistici sono quelli del campo vibrazionale dei dipoli elettrici e dei DWQ. In questo, oltre che nell'essere fondato sulla QFT e non sulla meccanica quantistica, il modello è radicalmente diverso da altri modelli quantistici del cervello presenti in letteratura.³⁰

Nel modello esiste tuttavia un problema di “capacità di memoria”: sotto l'azione di uno stimolo la condensazione da esso indotta si sovrappone a quella dovuta ad uno stimolo precedente. Ne risulta una interferenza negativa tra le corrispondenti “memorie”: sopravvive solo quella registrata per ultima in ordine temporale. Questo problema viene risolto estendendo il modello originario in modo tale incorporare un elemento caratterizzante la dinamica cerebrale, quello della *dissipazione*. Il cervello è infatti permanentemente *accoppiato* con l'ambiente esterno, esso è un sistema *intrinsecamente* aperto. Isolarlo comporta l'eliminazione della sua funzionalità, la sua stessa eliminazione.³¹ Nel prossimo paragrafo espongo brevemente il modello dissipativo quantistico del cervello.³²

3. Il modello dissipativo quantistico del cervello

La matematica di cui disponiamo impone che nello studio di un sistema aperto, diciamo il sistema A, si debba procedere alla “chiusura” del sistema considerando l'ambiente in cui esso è immerso, in modo tale da avere costantemente il bilanciamento dei flussi di materia, di energia, *etc.* tra il sistema A e l'ambiente. Denotiamo quest'ultimo come sistema B. Concentrandoci sullo scambio energetico, l'energia in uscita da A, $E(A)$, deve essere uguale a quella in ingresso in B, $E(B)$, e viceversa. Deve cioè essere in ogni caso $E(A) - E(B) = 0$.

L'insieme (A, B) dei sistemi A e B si comporta dunque come un sistema "chiuso", per il quale cioè non ci sono flussi energetici né in ingresso né in uscita. Con il formalismo matematico di cui disponiamo, sia classico che quantistico, possiamo trattare in maniera consistente tale sistema chiuso.³³ Occorre ora solo un momento di riflessione per convincersi che, *ai fini del bilancio energetico* (e del bilancio di flussi di ogni altra quantità scambiabile tra A e B), il sistema B si comporta come una *copia* del sistema A, nel senso che si comporta esattamente come il sistema A per quanto riguarda i flussi *a patto di invertire il loro verso*: infatti quello che è in ingresso per A, è in uscita per B, e viceversa. Chiaramente, invertire il verso dei flussi è equivalente a scambiare A con B, o viceversa. Poiché tecnicamente il verso del flusso si inverte cambiando il segno della variabile tempo, possiamo dire che B si comporta come la copia di A per la quale sia stato invertito il verso del tempo (la *time-reversed* copia di A). Riassumendo, B è il sistema che descrive l'ambiente per quanto concerne il bilanciamento del flusso energetico di A ed esso è anche l'immagine speculare di A nello specchio del tempo (la *time mirror image* di A): esprimiamo questo fatto dicendo che B è il *Doppio* di A.

Nel caso del cervello, un modello matematico che tenga conto del fatto che esso è un sistema aperto non può dunque prescindere dal considerare il suo Doppio. Questo accade appunto nel modello dissipativo quantistico del cervello e l'apparato matematico che incorpora il Doppio ci fornisce delle interessanti sorprese.

Innanzitutto il bilanciamento energetico $E(A) - E(B) = 0$ (qui A denota il cervello e B il suo Doppio), equivale alla relazione $N(A) - N(B) = 0$, dal momento che $E(A)$ ed $E(B)$ denotano le energie dovute al numero dei quanti (DWQ) $N(A)$ e $N(B)$ di A e di B, rispettivamente, condensati nello stato fondamentale di (A, B), cioè $E(A) = \Omega N(A)$, $E(B) = \Omega N(B)$, con Ω l'energia del singolo quanto. Questa relazione, che descrive il bilanciamento energetico tra A e B, è ricca di significati. Ad esempio essa ci dice che $N(A)$ e $N(B)$ possono certo variare, a patto tuttavia che queste variazioni si compensino. Lo stato fondamentale del complessivo sistema (A, B) deve essere cioè il condensato di un ugual numero di quanti riferibili al sistema A e al sistema B, cosicché il *matching* $N(A) = N(B)$ valga in ogni istante di tempo nella "storia" del sistema A (ci mettiamo dal punto di vista del

“soggetto”, il cervello; ma potremmo benissimo assumere il punto di vista di B, il “mondo là fuori”). Tornerò più avanti su questo continuo “aggiornamento” di A in interazione con B alla ricerca dell'*equilibrio dinamico* rappresentato dal costante bilanciamento energetico.

Altra conseguenza della relazione $N(A) - N(B) = 0$ è che essa non fissa né il valore di $N(A)$ né quello di $N(B)$. Impone solo che siano uguali. Esiste dunque una infinità di valori per $N(A)$, e corrispondentemente per $N(B)$, per i quali la nostra relazione è soddisfatta. In corrispondenza di questi (infiniti) valori esistono altrettanti stati fondamentali di (A, B) da essi indicizzati, ciascuno *ortogonale* all'altro (tecnicamente si dice che sono *unitariamente inequivalenti*). La relazione di bilanciamento dunque non determina né $N(A)$ né $N(B)$. Essa tuttavia ha profonde conseguenze: innanzitutto ci dice che siamo costretti ad usare una teoria che ammetta infiniti stati fondamentali. Una tale teoria è la teoria quantistica dei campi e *non può* essere la meccanica quantistica (lo vieta un celebrato teorema che va sotto il nome di teorema di von Neumann).³⁴ Ci dice inoltre che, essendo il valore di $N(A)$ legato alla densità di condensazione ed esprimendo quindi il codice associato ad una certa memoria, abbiamo ora (grazie al formalismo dissipativo!) la possibilità di associare uno stato fondamentale individuato da ognuno di questi molteplici (in principio infiniti) valori di $N(A)$ alla corrispondente memoria: abbiamo cioè una immensa capacità di memoria! La dissipazione è la radice della soluzione del problema della capacità di memoria dell'originale modello quantistico del cervello. Il fatto che questi stati fondamentali sono tra loro ortogonali garantisce che non ci sono interferenze o “confusioni” tra memorie. Tuttavia, una ortogonalità non perfetta, indotta per esempio da effetti realistici trascurati in prima approssimazione, quali effetti di volume finito (effetti di bordo), permette una salutare (come sappiamo!) “associazione” di memorie,³⁵ o anche di “errori” nel ricordare. Evidentemente un eccesso in tale direzione denota una patologico “stato di confusione” tra le memorie. Paradossalmente, sono proprio questi “difetti” (rispetto ad una ideale perfezione matematica) del modello dissipativo che lo rendono flessibile ed utile per descrivere una varietà di situazioni realistiche.³⁶

Il confronto con le osservazioni sperimentali³⁷ mostra che il modello dissipativo spiega la formazione e la coesistenza di configura-

zioni di oscillazioni coerenti, il loro succedersi nel tempo come sequenze cinematografiche, le singolarità nella fase (vortici) che si presentano nella transizione tra configurazioni AM, e molti altri dettagli nella dinamica cerebrale in relazione al comportamento del “soggetto” coinvolto (*engaged*) nell'accoppiamento con l'ambiente *in cui si trova* (“il suo mondo”).³⁸ La formazione di ciascuna configurazione è resa possibile attraverso la rottura spontanea della simmetria indotta dallo stimolo esterno, la loro molteplicità è permessa dalla esistenza dei molteplici (infiniti) stati fondamentali della QFT, la loro coesistenza dal fatto che questi stati fondamentali sono tra di loro ortogonali, il loro succedersi nel tempo dalla dinamica dissipativa. La dissipazione gioca così un ruolo fondamentale in quanto dà accesso alla molteplicità degli stati fondamentali della QFT. Infine, le singolarità nella condensazione dei DWQ descrivono strutture vorticosse osservate nelle transizioni da configurazione a configurazione.³⁹

4. L'essere-nel-mondo e l'arco intenzionale

La dissipazione è dunque una caratteristica intrinseca della dinamica del cervello. La nostra stessa corporeità si concretizza nella *ineliminabile* dimensione dell'esperienza,⁴⁰ il nostro *essere-nel-mondo* (*to-be-in-the-world*) è ineluttabilmente soggetto al *vincolo percettivo*, immerso in una rete di scambi, di traffici, che da un lato si realizza in una dimensione di *ascolto*,⁴¹ dall'altro in un costante *riferire a sé*, in una continua *ri-composizione* del *soggettivo* e dell'*oggettivo*, nello stesso fluire della percezione della corporeità (*emozioni*), nella non-risolubile, sebbene cangiante, unità col proprio Doppio. Come vedremo nel seguito, in questa tensione nell'aggiornare un equilibrio *mai definitivo* trova la sua radice l'*intenzionalità* che caratterizza il nostro *fare*, nel tentativo di dare un significato al nostro “essere nel mondo” in una specifica situazione, di avere cioè “la massima presa” su di esso.⁴²

Poiché gli stati di memoria sono stati fondamentali, cioè di minima energia, la dinamica interna attivata sotto l'azione dello stimolo esterno procede verso questo stato come verso un “attrattore”, cosicché in un dato momento della sua storia lo stato complessivo del cer-

vello, la collezione di tutti questi stati di memoria, appare come un “paesaggio punteggiato da attrattori” (*attractor landscape*). Un nuovo *input*, trascurando dettagli dell'informazione non essenziali in un processo di *astrazione*, seleziona uno stato fondamentale dalla molteplicità degli stessi resi disponibili dalla struttura della QFT (grazie alla dissipazione) inducendo in esso tramite la RSS la condensazione di quanti di NG. In altri termini, un nuovo attrattore viene a formarsi con il corrispondente bacino di attrazione in un processo di *generalizzazione* che individua la categoria cui lo stimolo appartiene. Nel collocarsi nel ‘paesaggio’ preesistente il nuovo attrattore non può non esserne condizionato e non provocarne, al tempo stesso, una riorganizzazione: da questo processo di *rearrangement* del paesaggio degli attrattori emerge il *significato*, che quindi non appartiene all'*input*, che in sé stesso è privo di senso, ma appartiene al *contesto* (al ridisegnato paesaggio degli attrattori) in cui l'esperienza percettiva si colloca. L'*apprendimento* consiste in questo processo di *aggiornamento* del paesaggio degli attrattori preesistente, che a sua volta riassume in sé il significato delle anteriori esperienze percettive. In questo processo il flusso di informazioni scambiato nella relazione comportamentale col mondo diventa *conoscenza*. Questa comporta una *prospettiva*, misura l'*esperienza accumulata* in esperienze percettive passate e crea *aspettative* che orientano il soggetto in quelle future, nella ricerca mirata, *intenzionale*, di situazioni esperienziali soddisfacenti (come ad esempio nella ricerca di cibo *là dove* lo si è trovato in passato). Il nostro *fare* ne risulta dunque condizionato e al tempo stesso esso *verifica* l'attendibilità delle aspettative, mettendo così alla prova ('sperimentale') la *credibilità* stessa della conoscenza. L'“arco intenzionale”⁴³ che così si chiude appare come la manifestazione dell'arco *azione-percezione* descritto in neurologia.⁴⁴

Il paesaggio di attrattori si presenta dunque come la realizzazione della *contestualizzazione* dell'esperienza *nel suo complesso sempre nuova* del cervello aperto sul mondo. Questo processo di contestualizzazione costituisce uno dei tratti più salienti del modello dissipativo quantistico del cervello. Esso descrive in modo fedele le osservazioni di laboratorio in cui il soggetto esaminato, animale o uomo, *reagisce* alle situazioni in cui viene a trovarsi in modo non meccanicistico, come invece farebbe un computer che acquisisce nuovi dati e li

aggiunge al catalogo di quelli già posseduti senza modificare questi ultimi, semplicemente aumentando la quantità di informazioni registrate, senza riuscire a produrre un contesto, pur creando nessi tra di esse come prescrive un modello *associativo*. L'osservazione mostra, ed è esperienza comune, che il cervello non acquisisce mai una nuova informazione senza inquadrarla in un contesto: il rosso del semaforo *non è* il rosso della copertina del libro sul mio tavolo, anche quando si tratta, come riscontrerebbe il mio computer, dello *stesso* rosso dal punto di vista fisico (la stessa composizione spettrale, in termini di frequenze o lunghezze d'onda caratteristiche di quel rosso). Osservo per inciso che questo della contestualizzazione è uno dei problemi più difficili da affrontare ed è attualmente irrisolto nel programma di studio dell'intelligenza artificiale.⁴⁵

Riassumendo, il cervello *rimette in discussione* in ogni suo atto percettivo tutto il suo *assetto esperienziale*, ridisegna tutto il paesaggio di attrattori. L'evoluzione nel tempo dello stato complessivo del cervello attraverso il formarsi, il coesistere, il dissolversi, il succedersi, appunto come in una sequenza cinematografica, delle configurazioni di oscillazioni neurali coerenti è descritta come una traiettoria che minimizzando l'energia libera definisce un percorso nel paesaggio degli attrattori che talvolta si attarda in uno di questi, subendone appunto l'attrazione; sempre, tuttavia, tentando di *evadere* da esso, evitando di restarvi *intrappolato*, in una *tensione* dinamica costante verso il raggiungimento del bilanciamento dei flussi alla frontiera mente/mondo, interno/esterno. Nel modello dissipativo questa frontiera è realizzata come "ponte" non barriera, dialogo continuo tra il soggetto e il suo Doppio, in uno sforzo incessante ed inevitabile di aggiornamento di entrambi. È in questo dialogo tra il sé e il Doppio, in questo *entre-deux*, che probabilmente ha sede l'atto della *coscienza*,⁴⁶ fatto di solo presente, di frontiera appunto.⁴⁷

È interessante notare come nel modello dissipativo i percorsi nel paesaggio degli attrattori che esprimono questa ricerca di equilibrio nel nostro essere nel mondo hanno il carattere di traiettorie classiche. La natura quantistica della dinamica si manifesta così in termini classici quando si consideri l'insieme degli stati del cervello. Questi percorsi sono inoltre estremamente sensibili alle variazioni delle condizioni di partenza individuate dalla nostra esperienza, dal nostro per-

cepire il mondo in quello specifico momento. Il modello dissipativo mostra infatti che essi sono percorsi *caotici*.⁴⁸ Questa caoticità, da un lato rende possibile una elevata capacità risolutiva, un elevato potere di discernimento tra percorsi divergenti (con legge esponenziale, come prevede il loro essere caotici)⁴⁹ e corrispondenti quindi a “ricerche” diverse; dall’altro apre uno scenario fortemente attraente sull’*errare* e il *pensare*,⁵⁰ sul ruolo di piccole fluttuazioni percettive e il dischiudersi di orizzonti totalmente nuovi (divergenti) rispetto a quelli attesi sulla base di esperienze precedenti. Forse sono questi aspetti del modello quelli che descrivono la *novità*, la *sorpresa*, la dimensione dello *stupore* associata al *vedere d’un tratto*, inaspettato.⁵¹ Probabilmente, alla possibilità offerta dalla fluttuante, non sempre univocamente definita dimensione percettiva grazie a gradi di libertà, seppur minimi, nei vincoli percettivi⁵² è da attribuirsi la genesi stessa dell’*immaginazione* ed il suo ruolo attivo nel determinare traiettorie nello spazio degli attrattori alle quali corrispondono paesaggi diversi, un *vedere diverso*.⁵³ Per questa via il modello dissipativo, e le stesse osservazioni di laboratorio con cui concorda, accoglie il punto di vista secondo il quale l’esperienza estetica «si presenta come una dimensione che permea l’intero campo della nostra esperienza (e la trama percettiva che ne configura il “paesaggio”)». ⁵⁴ Quella estetica non sarebbe quindi una esperienza in qualche modo ‘particolare’, né un’esperienza qualsiasi, ma un’esperienza che guardando in se stessa, riconosce «il perfetto scambio tra interno ed esterno», una «connessione favorevole» tra «me e l’oggetto» e nel prenderne atto si determina nel giudizio estetico che «implica sempre la prima persona». ⁵⁵ Il bello è il *mio* bello. Il percorso nel paesaggio di attrattori è determinato dalle sue specifiche condizioni iniziali. In questo senso queste sono *gravide di senso*,⁵⁶ in esse è *anticipato*, per così dire, il percorso nel suo evolversi ed esse definiscono quindi un orientamento, quello di «gettare un nuovo sguardo sul mondo», non estraneo, anzi concorrente con la dimensione cognitiva.⁵⁷ Il determinismo del percorso attribuisce il carattere dell’inconfutabilità a questo vedere diverso, che quindi non rappresenta una *credenza*, una *ipotesi* che possa essere discussa e dimostrata falsa:⁵⁸ l’emozione estetica non è un’opinione; il percorso che le compete, nato da impalpabili fluttuazioni percettive, quindi per loro natura imprevedibili, è divergente da ogni al-

tro percorso nella dinamica caotica del paesaggio degli attrattori. Per questo l'esperienza estetica è sempre *nuova, eversiva* rispetto al consolidamento, per altro sempre disatteso, di paesaggi già esplorati. Essendo l'equilibrio dei flussi, di cui essa è espressione e di cui si *compiace*, mai definitivo perché dinamico, l'orientamento che essa esprime «attende sempre di venir rinnovato».59 Da qui una tensione che conferisce all'esperienza estetica una 'valenza performativa' nell'arco intenzionale, che indirizza verso una 'risposta emotiva' all'esperienza percettiva da cui nasce.

5. Io e il mio Doppio

Nella sua dinamica intrinsecamente dissipativa, il cervello è permanentemente allacciato (*entangled*) con l'ambiente. Nel dialogo, talvolta nel conflitto tra il sé e il Doppio si sviluppa la dinamica del sapere, del comprendere, del sentire, del vivere. Le influenze reciproche, dell'uno sull'altro, richiedono un aggiornamento continuo del loro *rapporto*. Ciascuno di essi è *esposto* allo *sguardo* dell'altro. Significative sono in proposito le "riflessioni" (del Doppio!) che seguono (Borges 1996):60

È all'altro, a Borges, che accadono le cose (...). Sarebbe esagerato affermare che fra noi c'è ostilità; io vivo, io mi lascio vivere, perché Borges possa tramare la sua letteratura e quella letteratura mi giustifica (...). Del resto, io sono destinato a perdermi, definitivamente, e solo qualche istante di me potrà sopravvivere nell'altro (...). Spinoza capì che tutte le cose vogliono perseverare nel loro essere; la pietra eternamente vuole essere pietra e la tigre una tigre. Io resterò in Borges, non in me (ammesso che io sia qualcuno) (...). Qualche anno fa ho cercato di liberarmi di lui passando dalle mitologie dei sobborghi ai giochi col tempo e con l'infinito, ma quei giochi ora sono di Borges e io dovrò ideare altre cose. Così la mia vita è una fuga e io perdo tutto e tutto è dell'oblio, o dell'altro.

Non so chi di noi due scrive questa pagina.

Note

- 1 K. Lashley, *The Mechanism of Vision, XVIII, Effects of Destroying the Visual "Associative Areas" of the Monkey*, Journal Press, Provincetown MA 1948, pp. 302-06.
- 2 W.J. Freeman, *Mass Action in the Nervous System*, Academic Press, New York 1975/2004; Id., *Neurodynamics. An Exploration of Mesoscopic Brain Dynamics*, Springer-Verlag, London UK 2000; Id., *How Brains Make Up Their Minds*, Columbia University Press, New York 2001.
- 3 K.H. Pribram, *Brain and perception*, Lawrence Erlbaum, Hillsdale, N.J. 1991.
- 4 Un raggio laser è un fascio di luce monocromatica in cui i fotoni (i quanti della radiazione elettromagnetica) hanno tutti la stessa fase: in questo consiste la coerenza e l'ordinamento del laser. La luce generata da una normale lampada non è coerente: i fotoni hanno fasi arbitrarie. È possibile "fotografare" un oggetto esponendolo a luce laser: si usano due fasci laser identici (emessi dalla stessa sorgente laser); uno di questi viene riflesso dall'oggetto e convogliato sulla "pellicola". L'altro convogliato direttamente sulla pellicola. La figura di interferenza prodotta dalla differenza tra le fasi del raggio riflesso e di quello diretto è l'ologramma. La "memoria" (immagine) dell'oggetto è dunque codificata nella differenza tra le fasi. Questa può essere "ricordata" (decodificata) guardando l'ologramma con luce laser simile a quella usata per la produzione dell'ologramma. La figura di interferenza è completamente determinata dalla differenza di fase e può essere ricostruita anche partendo da una regione limitata dell'ologramma: una distruzione parziale dell'ologramma non comporta la perdita della "memoria". Queste proprietà suggeriscono la possibilità di adottare l'ologramma come modello per la memoria (cfr. § 6 in G. Vitiello, *Dissipazione e coscienza*, "Atque", 16, Novembre 1997-Aprile 1998, pp. 171-98).
- 5 W.J. Freeman, *Origin, structure, and role of background EEG activity. Part 3. Neural frame classification*, "Clin. Neurophysiol.", 116, 2005, pp. 1117-29; Id., W.J. Freeman, *Origin, structure, and role of background EEG activity. Part 4. Neural frame simulation*, "Clin. Neurophysiol.", 117, 2006, pp. 572-89.
- 6 W.J. Freeman, G. Gaál, R. Jornten, *A neurobiological theory of meaning in perception. Part 3. Multiple cortical areas synchronize without loss of local autonomy*, "Int. J. Bifurc. Chaos", 13, 2003, pp. 2845-56; W.J. Freeman, L.J. Rogers, *A neurobiological theory of meaning in perception. Part 5. Multi-cortical patterns of phase modulation in gamma EEG*, "Int. J. Bifurc. Chaos", 13, 2003, pp. 2867-87.
- 7 W.J. Freeman, *Origin, structure, and role of background EEG Activity. Part 1, Phase*, "Clin. Neurophysiol.", 115, 2004, pp. 2077-88; Id., *Origin, structure, and role of background EEG activity. Part 2, Amplitude*, in «Clin. Neurophysiol.» 115, 2004, pp. 2089-107; Id., *Origin, structure, and role of*

- background EEG activity*, cit.; Id., *Origin, structure, and role of background EEG activity*, cit.; W.J. Freeman, G. Vitiello, *Nonlinear brain dynamics as macroscopic manifestation of underlying many-body dynamics*, in «Phys. of Life Reviews», 3, 2006, pp. 93-117; q-bio.OT/0511037; W.J. Freeman, G. Vitiello, *Vortices in brain waves*, “Forthcoming.”, XIV, 2008, pp. 3802-54; D.S. Bassett, A. Meyer-Lindenberg, S. Achard, T. Duke, E. Bullmore, *Adaptive reconfiguration of fractal small-world human brain functional network*, “PNAS”, 103, 2006, pp. 19518-523.
- 8 W.J. Freeman, 2001, *How Brains Make Up Their Minds*, cit.
 - 9 J.J. Hopfield, *Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities*, “Proc. of Nat. Acad. Sc. USA”, 79, 1982, pp. 2554-58.
 - 10 D.J. Amit, *Modeling brain functions*, University Press, Cambridge 1989; M. Mezard, G. Parisi, M. Virasoro, *Spin glass theory and beyond*, World Sci., Singapore 1987.
 - 11 W.J. Freeman, *NDN, volume transmission, and self-organization in brain dynamics*, “J. Integrative Neuroscience”, 4 (4), 2005, pp. 407-21; W.J. Freeman, G. Vitiello, *Nonlinear brain dynamics as macroscopic manifestation of underlying many-body dynamics*, cit.; W.J. Freeman, G. Vitiello, *Vortices in brain waves*, cit.
 - 12 E. Schrödinger, *What is life?* (1944), University Press, Cambridge 1967, p. 80.
 - 13 *Ibidem*.
 - 14 Ivi, p. 79.
 - 15 L.M. Ricciardi, H. Umezawa, *Brain and physics of many-body problems*, “Kybernetik“, 4, 1967, pp. 44-48; ristampa in G.G. Globus, K.H. Pribram, G. Vitiello (a cura di), *Brain and Being*, John Benjamins, Amsterdam 2004, pp. 255-66.
 - 16 *Ibidem*.
 - 17 C. Itzykson, J. Zuber, 1980, *Quantum field theory*, McGraw-Hill, New York 1980.
 - 18 Sistemi che presentano un ordinamento dei componenti elementari sono ad esempio il cristallo, dove gli atomi (o molecole) sono “ordinati” in posizioni ben determinate da una legge di periodicità (quella che individua appunto il reticolo cristallino), il magnete, il laser, i superconduttori, *etc*. Comune a tali sistemi è la possibilità di individuare una grandezza che descrive il grado di ordinamento e che viene detta “parametro d'ordine”: nel cristallo il parametro d'ordine è legato alla densità, nel magnete alla magnetizzazione, ecc. Le proprietà che caratterizzano il sistema nel suo complesso sono a loro volta legate al parametro d'ordine. È utile sottolineare il fatto che tali proprietà non sono proprietà dei componenti elementari, ma del “modo in cui essi sono organizzati” cioè della dinamica che regola le loro interazioni e quindi del sistema in quanto tale: in questo senso si può dire che dalla dinamica microscopica emergono “funzioni” a livello macroscopico: la “funzione magnete”, la

- “funzione cristallo”, ecc. Ovviamente i medesimi componenti microscopici possono essere soggetti a dinamiche diverse con diverse proprietà (“comportamenti” o “funzioni”) macroscopiche: ad esempio, se il cristallo viene riscaldato oltre una certa temperatura (temperatura critica) l’ordinamento cristallino si perde e gli atomi costituenti assumono a livello macroscopico le proprietà (le “funzioni”) di un solido amorfo o, a temperature superiori, quelle di un gas (cfr. § 3 in G. Vitiello, *Dissipazione e coscienza*, cit.).
- 19 In tutta generalità, la simmetria della dinamica può essere rotta in tanti modi diversi. La rottura viene detta ‘spontanea’ per indicare che questi modi sono tutti equiprobabili, ognuno di essi cioè può essere realizzato in natura. La ‘scelta’ tra di essi viene indotta da un agente (stimolo) esterno. Caso completamente diverso è quello in cui sono le proprietà di simmetria delle equazioni della dinamica che vengono modificate con l’inserzione di termini non simmetrici. In tal caso si dice che la simmetria è ‘esplicitamente’ rotta, lo stato fondamentale del sistema presenta le stesse proprietà di simmetria delle equazioni e non compaiono quanti di NG.
- 20 Il quanto di correlazione di NG è una particella reale, osservata con le stesse tecniche con le quali altre particelle vengono osservate (tecniche di diffusione o “scattering” in cui si fa collidere una particella “sonda” (o proiettile) con la particella da osservare (bersaglio) e dagli effetti della collisione si risale alle proprietà del bersaglio). A differenza di altre particelle, il quanto di correlazione non è tuttavia osservabile “al di fuori” del sistema ordinato. Per osservare ad esempio il quanto di correlazione nel cristallo, detto fonone (J.P. Wolfe, *Imaging phonons*, University Press, Cambridge 1998), occorre avere a disposizione un cristallo: il fonone è confinato nel cristallo. Quando il cristallo viene distrutto, ad esempio riscaldandolo oltre la temperatura critica, il sistema risultante è costituito dall’insieme degli atomi (già dislocati nei siti del reticolo cristallino prima che il cristallo fosse riscaldato) e solo da questi: non essendo più questi correlati nella funzione cristallo, ne consegue che non ci sono più i quanti della correlazione. Il catalogo dei “componenti strutturali” del cristallo include gli atomi e i fononi. Quello del solido amorfo include solo gli atomi. Il fonone esiste se e solo se esiste la funzione cristallo: è esso stesso identificabile con la funzione cristallo. In questo senso possiamo parlare di identificazione di funzione-struttura (cristallo-fonone) (G. Vitiello, *Structure and function. An open letter to Patricia Churchland*, in S.R. Hameroff, A.W. Kaszniak, A.C. Scott (a cura di), *Toward a science of consciousness II. The second Tucson Discussions and debates*, MIT Press, Cambridge 1998, pp. 231-36). Il concetto stesso di “completezza” del catalogo dei componenti elementari diventa così privo di senso: è illusorio cercare “di completare” il catalogo dei componenti elementari senza cercare al tempo stesso le leggi dinamiche responsabili delle funzioni macroscopiche. Talvolta si crede che la complessità funzionale del sistema possa derivare unicamente dalla “quantità” dei componenti elementari, dalla loro diversificazione e dal “numero” delle loro interconnessioni. Da

- quanto detto risulta invece che essa appare come manifestazione macroscopica della dinamica microscopica e delle sue proprietà di simmetria e di rottura della simmetria (cfr. § 3 in G. Vitiello, *Dissipazione e coscienza*, cit.).
- 21 P.W. Anderson, *Basic Notions of Condensed Matter Physics*, “Menlo Park”: Benjamin 1984; H. Umezawa, 1993, *Advanced field theory: micro, macro and thermal concepts*, American Institute of Physics, New York 1993; G. Vitiello, *My Double Unveiled*, John Benjamins, Amsterdam 2001.
 - 22 C.I.J. Stuart, Y. Takahashi, H. Umezawa, *On the stability and non-local properties of memory*, “J. Theor. Biol.”, 71, 1978, pp. 605-18; C.I.J. Stuart, Y. Takahashi, H. Umezawa, *Mixed system brain dynamics: neural memory as a macroscopic ordered state*, “Found. Phys.”, 9, 1979, pp. 301-27.
 - 23 W.J. Freeman, G. Vitiello, *Dissipation, spontaneous breakdown of symmetry and brain dynamics*, “J. Phys. A. Math Theor.”, in corso di stampa; q-bio.NC/0701053.
 - 24 S. Sivakami, V. Srinivasan, *A model of memory*, “J. Theor. Biol.”, 102, 1983, pp. 287-94.
 - 25 E. Alfinito, G. Vitiello, *Formation and life-time of memory domains in the dissipative quantum model of brain*, “Int. J. Mod. Phys.”, B14, 2000, pp. 853-68.
 - 26 H. Fröhlich, *Long range coherence and energy storage in biological systems*, “Int. J. Quantum Chemistry », 2, 1968, pp. 641-49.
 - 27 A.S. Davydov, *Biology and quantum mechanics*, Pergamon. Oxford 1982.
 - 28 E. Del Giudice, S. Doglia, M. Milani, G. Vitiello, *A quantum field theoretical approach to the collective behavior of biological systems*, “Nucl. Phys.”, B251 (FS 13), 1985, pp. 375-400; E. Del Giudice, G. Preparata, G. Vitiello, *Water as a free electron laser*, “Phys. Rev. Lett.”, 61, 1988, pp. 1085-88.
 - 29 M. Jibu, K. Yasue, *A physical picture of Umezawa’s quantum brain dynamics*, in R. Trappl (a cura di), *Cybernetics and System Research*, World Scientific., Singapore, pp. 797-804; M. Jibu, K.H. Pribram, K. Yasue, *From conscious experience to memory storage and retrieval: the role of quantum brain dynamics and boson condensation of evanescent photons*, “Int. J. Mod. Phys.”, B 10, 1996, pp. 1735-54. Ma anche M. Jibu, K. Yasue, *Quantum brain dynamics and consciousness*, John Benjamins, Amsterdam 1995.
 - 30 H. Atmanspacher, *Quantum approaches to consciousness*, in “The Stanford Encyclopedia of Philosophy”; <http://plato.stanford.edu/entries/qt-consciousness/>.
 - 31 Non è assolutamente possibile trascurare il fatto che il cervello è un sistema aperto. L'attività della memoria è intrinsecamente irreversibile. Infatti, “il fatto stesso” di ricevere un'informazione (memorizzare) comporta che “non si può tornare indietro” (E. Paci, *Tempo e relazione*, il Saggiatore, Milano 1965) (rottura della simmetria sotto inversione temporale): “Ora lo sai!” è l'avvertimento(-minaccia!) che si fa a chi viene a conoscenza di una certa informazione ed il suo chiaro significato è “ora non sei più lo stesso di quando non sapevi”. Registrare un'informazione individua dunque “di per sè” un verso del tempo, una “freccia del tempo”, non più invertibile: il “prima” del-

- la registrazione è “definitivamente distinto” dal “dopo”. D'altra parte, molto banalmente, “solo il passato si può ricordare”. Il cervello è un sistema dotato di “storia” (cfr. § 7 in G. Vitiello, *Dissipazione e coscienza*, cit.).
- 32 G. Vitiello, *Dissipation and memory capacity in the quantum brain model*, “Int. J. Mod. Phys.”, B9, 1995, pp. 973-89.
- 33 E. Celeghini, M. Rasetti, G. Vitiello, *Quantum dissipation*, « Ann. Phys. », 215, 1992, pp. 156-70.
- 34 J. von Neumann, *Die Eindeutigkeit der Schrödingerschen Operationen*, “Math. Ann.”, 104, 1931, pp. 570-78; Id., *Mathematical Foundations of Quantum Mechanics*, Princeton University Press, Princeton 1955; H. Umezawa, G. Vitiello, *Quantum Mechanics*, Bibliopolis, Naples 1985.
- 35 Sono certamente utili quelle “associazioni” di memoria che ci permettono di “ricostruire” un ricordo passando di “memoria in memoria” come per un sentiero mentale, appunto attraverso la “collezione” degli stati di memoria del nostro cervello. Una eccessiva “rigidità” nell'ortogonalità tra tali stati renderebbe certamente meno efficiente la “ricerca” dell'informazione da richiamare, richiederebbe stimoli di richiamo ben più robusti di quanto normalmente sperimentiamo (la ricerca a mezzo computer di un numero telefonico è notoriamente un'impresa disperata quando una banale variazione sia introdotta nel nome dell'utente cercato. Ben diversa è la situazione nella ricerca “fatta a mano” sull'elenco vecchia maniera che non esclude la considerazione, paziente e giudiziosa, di possibili “distorsioni” del nome cercato) (cfr. § 7 in G. Vitiello, *Dissipazione e coscienza*, cit.).
- 36 Un altro vantaggio dell'”imperfezione” del sistema realistico descritta dal modello dissipativo consiste nel fatto che gli stati di memoria sono di “quasi” minima energia (per effetti di bordo). Questo, pur assicurando ancora una vita media lunga della memoria, richiede tuttavia la spesa di un'energia non nulla nel registrare e nel richiamare un'informazione, il che ci induce a “selezionare” le informazioni da registrare (che incubo sarebbe essere condannati a “ricordare tutto”!) e ci evita di essere travolti da un flusso ininterrotto di ricordi; anche se talvolta ci richiede uno “sforzo” per ricordare. Poiché il processo di selezione delle informazioni da ricordare implica una loro valutazione da parte nostra (ricordiamo quello che vale la pena ricordare!), l'insieme dei ricordi riflette la nostra scala di “valori”, la nostra stessa identità (cfr. § 7 in G. Vitiello, *Dissipazione e coscienza*, cit.).
- 37 W.J. Freeman, G. Vitiello, *Nonlinear brain dynamics as macroscopic manifestation of underlying many-body dynamics*, cit.; W.J. Freeman, G. Vitiello, *Vortices in brain waves*, cit.
- 38 È interessante chiedersi se c'è e in caso positivo quale sia la relazione tra il Doppio implicato dalla dinamica dissipativa del cervello e l'esistenza dei ‘neuroni specchio’ (*mirror neurons*) scoperti dal gruppo di Parma (G. Rizzolatti, L. Craighero, *The mirror-neuron system*, “Annu. Rev. Neurosci.”, 27, 2004, pp. 169-92). Il comportamento osservato dei neuroni specchio ha

ragion d'essere solo in quanto il cervello è un sistema aperto. È inoltre interessante che lo stesso neurone specchio si attivi sia quando il soggetto osserva un altro agente eseguire una certa operazione, sia quando il soggetto esegue egli stesso quella data operazione.

- 39 W.J. Freeman, G. Vitiello, *Vortices in brain waves*, cit.
- 40 F. Desideri, *Forme dell'estetica. Dall'esperienza del bello al problema dell'arte*, Laterza, Bari 2004.
- 41 F. Desideri, *L'ascolto della coscienza. Una ricerca filosofica*, Feltrinelli, Milano 1998.
- 42 M. Merleau-Ponty, *Phenomenology of perception* (1945), tr. di C. Smith, Humanities Press, New York 1962.
- 43 *Ibidem*.
- 44 W.J. Freeman, *How Brains Make Up Their Minds*, cit.
- 45 *Ibid.*; H.L. Dreyfus, *Walter Freeman's Merleau-Pontian Neurodynamics, Conference on Brain Network Dynamics*, University of California, Berkeley January 2007,
- 46 G. Vitiello, *Dissipation and memory capacity in the quantum brain model*, cit.; Id., *My Double Unveiled*, cit.
- 47 L'aggettivo latino *consciūs* ha il suo corrispondente greco in *συνειδώς* che enfatizza il vedere assieme e immediato. Il Doppio è il 'testimone', e anche il 'confidente', il 'complice'. Questo vedere assieme e immediato sottolinea l'*indiscernibile* unità del sé/Doppio, dove l'atto di coscienza diventa non suscettibile di essere risolto in passi razionali o imbrigliato in strutture logiche e cognitive come quelle linguistiche (un atto *inconoscibile*). La proiezione progettuale resta frammentata nel flusso delle emozioni. L'immagine è quella di Sartre (J.-P. Sartre, *La nausea* (1948), tr. it. Einaudi, Torino 2006, p. 171): «l'esistenza mi penetra da tutte le parti, dagli occhi, dal naso, dalla bocca (...). E d'un tratto, d'un sol tratto, il velo si squarcia, ho compreso, ho visto». Lo stupore, la sorpresa di questo *vedere* è tanto maggiore perché esso è *d'un tratto*, non mediato, non anello preceduto da anello in una successione logica di passi, non pre-visto e non pre-vedibile, preceduto solo dal non-vedere, dal velo non ancora squarciato, dalla 'cecità' (*blindness*). Un presente che (ri-)assume in sé il passato, ma non è da questo univocamente e deterministicamente determinato, come appunto è ogni atto di coscienza (G. Vitiello, *The dissipative brain*, in G.G. Globus, K.H. Pribram, G. Vitiello (a cura di), *Brain and Being*, John Benjamins, Amsterdam 2004, pp. 255-266; Id., G. Vitiello, *Oggetto, percezione e astrazione in fisica*, in F. Desideri, E.G. Matteucci (a cura di), *Dall'oggetto estetico all'oggetto artistico*, University Press, Firenze 2006, pp. 11-21). L'atto di coscienza si presenta infatti completamente autonomo, infedele, inattendibile e imprevedibile, inaffidabile. Probabilmente, se mai sarà possibile costruire una macchina dotata di coscienza, essa dovrà avere in sé «il meglio del modello umano: un pensare imprevedibilmente erratico, capace di imparare, ma infedele, sempre dubbioso,

- sospettoso, totalmente radicato nel mondo, ma irriducibilmente libero. E la si dovrà chiamare Spartaco (G. Vitiello, *The dissipative brain*, cit.). Cfr. anche G. Vitiello, *My Double Unveiled*, John Benjamins, Amsterdam 2001.
- 48 G. Vitiello, *Classical chaotic trajectories in quantum field Theory*, "Int. J. Mod. Phys.", B18, 2004, pp. 785-792; E. Pessa, G. Vitiello, *Quantum noise, entanglement and chaos in the quantum field theory of mind/brain states*, "Mind and Matter", 1, 2003, pp. 59-79; E. Pessa, G. Vitiello, *Quantum noise induced entanglement and chaos in the dissipative quantum model of brain*, "Int. J. Mod. Phys.", B18, 2004, pp. 841-58.
- 49 R. Hilborn, *Chaos and nonlinear Dynamics*, Oxford University Press, Oxford.
- 50 G. Minati, G. Vitiello, 2006, *Mistake making machines*, in G. Minati, E. Pessa, M. Abram (a cura di), *Systemics of emergence: Research and development*, Springer, Berlin 2006, pp. 67-78. Sono grato ad Arkady Plotnitsky per stimolanti conversazioni sull'errare e il pensare.
- 51 G. Vitiello, *The dissipative brain*, cit.; Id., *Nonlinear brain dynamics as macroscopic manifestation of underlying many-body dynamics*, cit., n. 9.
- 52 Desideri (F. Desideri, *Il nodo percettivo e la meta-funzionalità dell'estetico*, in F. Desideri, G. Matteucci (a cura di), *Estetiche della percezione*, University Press, Firenze 2007, pp. 13-24) individua tre gradi di libertà all'interno del vincolo percettivo suscettibili di fluttuazioni associate in qualche misura alla inadeguatezza, alla fluidità o alla frammentazione degli stimoli sensoriali rispetto alla vastità del mondo in cui il soggetto è immerso. In tale connessione si ricorda che nel modello dissipativo gli stati di memoria sono stati coerenti "squeezed", per i quali, cioè, l'incertezza (o varianza) sulle "coordinate coniugate" (gradi di libertà) che li specificano può subire variazioni controllate da trasformazioni che ne preservano il prodotto (G. Vitiello, *Dissipation and memory capacity in the quantum brain model*, cit.).
- 53 F. Desideri, *Il nodo percettivo e la meta-funzionalità dell'estetico*, cit..
- 54 *Ibidem*.
- 55 *Ibidem*.
- 56 *Ibidem*.
- 57 A proposito dell'essere l'esperienza estetica non disgiunta dalla dimensione cognitiva e a proposito del ruolo giocato dall'immaginazione è interessante notare come Diodato (R. Diodato, *Vermeer, Góngora, Spinosa. L'estetica come scienza intuitiva*, Bruno Mondadori, Milano 1997), ponendosi all'interno di un'ottica spinoziana, individui un nesso tra l'estetica e la "scienza intuitiva", "conoscenza di natura estetica (...) al tempo stesso corporea e mentale".
- 58 F. Desideri, *Il nodo percettivo e la meta-funzionalità dell'estetico*, cit.
- 59 *Ibidem*.
- 60 J.L. Borges, *Io e Borges*, in *L'artefice (El hacedor [1960])*, Adelphi, Milano 1999.